

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Diagnostické měření čerpadel pro dopravu koksárenských kapalin

Diagnostic Measurement of Pumps for Coke
Oven Liquids

Student:	Bc. Radim Šebesta
Osobní číslo	SEB0083
Vedoucí diplomové práce:	Ing. David Šeděnka

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radim Šebesta**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Diagnostické měření čerpadel pro dopravu koksárenských kapalin**
Diagnostic Measurement of Pumps for Coke Oven Liquids
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce se zabývejte problematikou technické diagnostiky strojního zařízení pomocných provozů ve výrobě koksu. Rozeberte tuto problematiku, navrhněte a zvažte vhodné metody pro sledování jejich technického stavu.

Popište přístrojovou techniku a softwarové nastavení pro tuto aplikaci. Proveďte potřebná měření a vyhodnocení naměřených dat.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proveďte konkrétní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce.

Rozsah práce min. 45 stran textu.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6

ŠAFR, E. *Tribotechnika*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984. 300 s. 04-243-84

ŠAFR, E. *Technika mazání*. 2. dopl. vydání, SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1970. 381 s. ISBN 04-010-70

HRADECKÝ, F., VLK, M. *Tribotechnika*. 1. vydání, Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1984. 297 s.

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU

Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

KREIDL, M., ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1.vydání, 408s., ISBN 80-7300-157-6

KREIDL, M. a kol.: *Diagnostické systémy*. ČVUT v Praze, Praha 2001, 352 s., ISBN 80-01-02349-4

BLATA, J. – Juraszek, J. *Metody technické diagnostiky, teorie a praxe. Metody diagnostyki technicznej, teoria i praktyka*. Ostrava: REPRONIS, s.r.o., 2013, 133 stran, ISBN 978-80-248-2997-5

Podkladové materiály - ADASH s.r.o., Brüel Kjaer, SKF Ložiska a.s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

FS_SME_05_003 *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce* Ostrava: Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 2018. 20 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

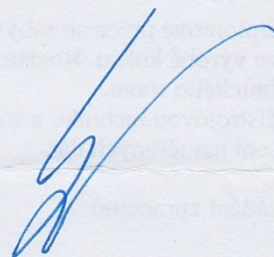
Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Šeděnka**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta.

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020.



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že.

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou^{*)} práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské^{*)} práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská^{*)} práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020.



Podpis studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠEBESTA, R. *Diagnostické měření čerpadel pro dopravu koksárenských kapalin: Diplomová práce*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2020, 133 s. Vedoucí práce Ing. Šeděnka, D.

Cílem této diplomové práce je rozšířit znalosti v oblasti koksárenského průmyslu. Je tak navázáno na předešlou bakalářskou práci. Je zde doplněna velmi důležitá část, která se věnuje vedlejším produktům chemického průmyslu. Jsou zde uvedeny látky, které koksovna produkuje. Jedná se o látky nebezpečné, hořlavé a těkavé. Je velmi důležité poukázat na jejich nebezpečí, jak pro strojní zařízení, tak především pro životní prostředí a člověka samotného. Praktická část se věnuje diagnostickému měření vibrací, teplot i rozboru oleje. Měření bylo prováděno v závodu OKK Koksovny, koksovna Svoboda v Ostravě. Byly také provedeny návrhy řešení mazání a doplňování maziva. Tyto návrh by mohli sloužit ke zlepšení kvality údržby strojů.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ŠEBESTA, R. *Diagnostic Measurement of Pumps for Coke Oven Liquids: Master Thesis*. Ostrava: Department of Production machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2020, 133 p. Thesis Head: Ing. Šeděnka, D.

The aim of this master thesis is to expand knowledge in the field of coke oven industry. It is thus linked to the previous bachelor's thesis. A very important section is added here, which deals with by-products of the chemical industry. The substances produced by the coking plant are listed here. These are dangerous, flammable and volatile substances. It is very important to point out their danger, both for the machinery and, above all, for the environment and man himself. The practical part is devoted to diagnostic measurement of vibrations, temperatures and oil analysis. The measurements were performed at the OKK Koksovny, Svoboda coke plant in Ostrava. Proposals for lubrication and lubricant replenishment solutions were also made. These designs could serve to improve the quality of machine maintenance.

OBSAH

OBSAH	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	10
ÚVOD	11
1. Kapaliny a chemické látky v koksárenském průmyslu	12
1.1. Benzol (Benzen).....	12
1.2. Fenol.....	16
1.3. Naftalen	19
1.4. Amoniak.....	21
1.5. Uhelný dehet	24
1.6. Provozní roztok STRETFORD (produkt: síra)	29
1.7. Toluén	36
1.8. Xylen.....	38
1.9. Hodnocení kapitoly a schéma chemické výroby v koksárenském provozu.....	39
2. Mazání ucpávek čerpadla v OKK Koksovny	41
2.1. Termosifon TS1016/A007	41
2.2. Vylepšení mazacího a chladicího systému	46
2.3. Olej – Finavestan A 80B.....	49
3. Diagnostické měření na čerpadlových soustavách v OKK Koksovny a.s.	51
3.1. Použité měřicí zařízení.....	51
3.1.1. ADASH VA4PRO	51
3.1.2. FLUKE TI 35.....	52
3.1.3. Zařízení FTIR	53
3.2. Hodnocení měření vibrací.....	53
3.3. Místa a směry měření vibrací.....	56
3.4. Hodnocení měření termografie	57

4. Výsledky měření čerpadlových soustav	58
4.1. Předčističové stanice	59
4.1.1. Čerpadlo 41 B	60
4.1.2. Čerpadlo 48 B	62
4.1.3. Čerpadlo 49 A	63
4.1.4. Čerpadlo 49 B	65
4.1.5. Čerpadlo 50 A	66
4.2. Benzolová absorpce-malá strojovna	68
4.2.1. Čerpadlo 24 B	69
4.3. Benzolová absorpce-velká strojovna	72
4.3.1. Čerpadlo 6 B	73
4.3.2. Čerpadlo 7 A	81
4.3.3. Čerpadlo 7 B	82
4.3.4. Čerpadlo 8 B	84
4.3.5. Čerpadlo 19 A	86
4.3.6. Čerpadlo 19 B	87
4.4. Benzolová stanice	91
4.4.1. Čerpadlo 6 B	92
4.4.2. Čerpadlo 7 A	94
4.4.3. Čerpadlo 7 C	96
4.4.4. Čerpadlo 9 A	99
4.4.5. Čerpadlo 9 B	100
4.5. Čpavková stanice-absorpce.....	103
4.5.1. Čerpadlo 09 a	104
4.5.2. Čerpadlo 10 KB	105
4.6. Stanice čerpání roztoku STRETFORD	106
4.6.1. Čerpadlo 101 A	107
4.7. Odstředivé zařízení	113

4.8. Rozbor oleje z ucpávky 9B (Benzolová stanice)	119
ZÁVĚR	122
PODĚKOVÁNÍ	123
SEZNAM OBRÁZKŮ	124
SEZNAM TABULEK	129
ZDROJE.....	131

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A - Axiální směr
 a_{RMS} - Efektivní hodnota zrychlení vibrací
ASK - Proces Amuniumsulfid Kreislaufwasher
atd. - A tak dále
CNS - Centrální nervová soustava
DNA - Deoxyribonukleová kyselina
DSP - Digital Signal Processing
FTIR - Fourier transform infrared
H - Horizontální směr
 H_2S - Sulfan
 C_6H_6 - Benzen
 C_{10}H_8 - Naftalen
 C_7H_8 - Toluen
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ - Fenol
L1 - Měřicí místo 1.
L2 - Měřicí místo 2.
L3 - Měřicí místo 3.
L4 - Měřicí místo 4.
např. - Například
 NH_3 - Amoniak
 NH_4 - Síran amonný
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - Sirnatan sodný
NWGB - North Western Gas Board
-OH - Funkční skupina hydroxilů
OKK - Ostravsko Karvinské doly
PAH - Jednoduché polycyklické uhlovodíky
PET - Polyethylentereftalát
PU - Polyuretan
PVC - Polyvinylchlorid
RNA - Ribonukleonová kyselina
tzv. - Takzvaný
V - Vertikální směr
 v_{RMS} - Efektivní hodnota rychlosti vibrací

ÚVOD

Pod pojmem koksárenský průmysl nebo pod názvem koksovna si většina lidí představí hlavní produkt, který vychází už ze samotného názvu, a tím je koks. Koks je zde produkován v různých zrnitostech. Ale mnoho lidí nemá vůbec zdání, že látky, které se produkují v chemické výrobě koksárenského průmyslu z plynu po koksování, jsou pro tyto podniky mnohem více lukrativnější. Všechny tyto látky a sloučeniny budou v teoretické části popsány, a to už z hlediska výroby a jejich chemické stavby, až po dopady na životní prostředí a lidské zdraví. Všechny tyto látky, jsou velmi nebezpečné, ale jejich využití pro další produkty je obsáhlé. Na praktické části je opět ukázáno, jak je důležité využívat vibrační diagnostiku, termografickou diagnostiku a tribodiagnostiku, jako součást údržby zařízení. Výsledky těchto disciplín jsou velmi přínosné pro určení poruch a v první řadě pro predikci těchto poruch. Z propojování těchto částí diagnostiky, můžeme získat kompletní obraz stavu stroje, což nám urychluje řešení případných problémů.

1. Kapaliny a chemické látky v koksárenském průmyslu

V této kapitole je úkolem přiblížit provozní látky koksárenského průmyslu. Pochopitelně z názvu vyplívá, že koksárenské zařízení produkuje koks, ale za tímto produktem se skrývá velká škála látek, která jsou mnohem lukrativnější pro koksárenské provozy. Je důležité tyto látky poznat už v počátcích jejich výroby a poté se i dozvědět o jejich následném využití v různých odvětvích průmyslu. U jednotlivých látek budou doplněny i informace o závadnosti těchto látek na lidské zdraví, protože v povědomí lidí často není, jak mohou být tyto látky životu nebezpečné.

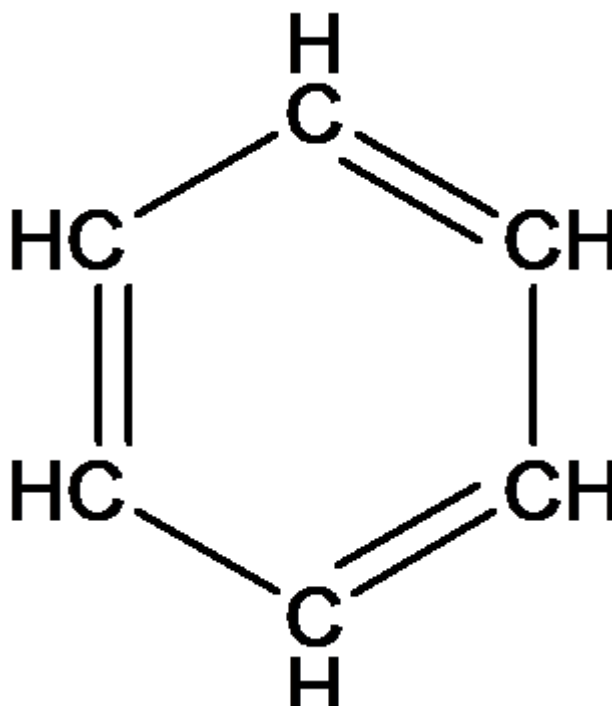
1.1. Benzol (Benzen)

Benzol je dnes už vlastně zastaralým názvem. Nahradil jej nový název benzen. Ale ve své vlastní podstatě benzol a benzen není jedna a ta samá věc. Nový název je převzatý, protože benzen ve složení benzolu zaujímá největší procentuální část celku. Spolu s benzenem se v benzolu objevují ještě látky toluen a xylen. Samotný benzol (dále benzen) je získáván pomocí metody tzv. vypírání plynu, vzniklého při produkci koksu, olejem sloužícím k propírání. Na počátku je olej, který se v pračkách nasytí koksárenským plynem. Z těchto propíracích zařízení putuje nasycený olej na benzolovou absorpci, kde se zahřívá na vysokou teplotu a poté je v okamžiku znova prudce chlazen a v důsledku tohoto cyklu se z nasyceného oleje, koksárenským plynem, odděluje čistý benzen. Olej bez extrahovaného benzenu opět putuje zpět do části propírání. V základu se jedná o čistou kapalinu s olejovým zabarvením. Měrná hmotnost benzenu je 878 kg/m^3 . Hlavním poznávacím prvkem je jeho charakteristický zápach. Jedná se o látku pro zdraví velmi škodlivou. Díky své hořlavosti a agresivitě je benzen zařazen do I. Třídy nebezpečnosti. [1]



Obrázek 1 Strojovna-propírací stanice OKK Koksovny [Autor]

Chemickým vzorcem lze zapsat benzen jako C_6H_6 . V pravidelném uspořádání do šestiúhelníku jsou atomy uhlíku. Obsažené C – C mají totožnou délku. [2]



Obrázek 2 Vzorec benzenu-schéma [18]

Z dalších chemických vlastností je důležité uvést jeho teplotu varu (80 °C) a teplotu, při které dochází k tání (5,5 °C). Doplnkovým parametrem je jeho schopnost rozpustnosti ve vodě a to 1,79 g·l⁻¹. Jeho využití se odvíjí hlavně od jeho dobré rozpustnosti v obsáhlé škále rozpouštědel organického původu. [2]

Použití benzenu má velké zastoupení v mnoha odvětvích průmyslu. Pochopitelně jeho výroba a užití má největší zastoupení v chemickém průmyslu a pod něj spadající oblasti, kde slouží k vyrábění celé řady chemických látek, jako např. výroba barviv, tkanin (polyester, nylon) a syntetických vláken, výroba detergentů, výroba pryskyřic, dále pak výroba plastové hmoty, výroba výbušnin, výroba léčiv, výroba výbušnin a prostředků proti hmyzu. Své důležité zastoupení má i ve formě aditiv do maziv, některých druhů pryže a nátěrů. Když už byla vyzdvihována i jeho dobrá rozpustnost, tak lze také tvrdit, že slouží jako dobré tukové rozpouštědlo, voskové rozpouštědlo, pryskyřicové rozpouštědlo, inkoustové rozpouštědlo, nátěrové rozpouštědlo a rozpouštědlo na pryže a plasty. Lze jej také užívat jako prostředek na odmašťování. V dalších odvětvích se s benzenem lze setkat u tiskařů a litografů, v průmyslu zaměřeném na obuv nebo při vyrábění pneumatik. Nalezneme ho také jako součást benzínu pro automobily. [2]

Jelikož se jedná o vysoce toxickou látku, je důležité kontrolovat únik emisí do ovzduší. Pro benzen existují speciální státní normy. Zdrojem, ze kterého pochopitelně dochází k největšímu úniku, jsou výfukové plyny z automobilních zařízení, při výrobě benzenu a jeho zpracování v chemickém průmyslu, úniky z ropných a plynových rafinerií a z palivového spalování (olej a uhlí). K uvolňování dochází už v prvotní zmnění, a to v procesech jeho výroby v pecích pro výrobu koksu, při těžbě a následném zpracování neželezných rud. Samozřejmostí je, že v provozech, kde dochází ke kontaktu s benzenem je nutno dbát obzvlášť velké bezpečnosti, aby nedošlo ke kontaminaci půdy a atmosféry (např. při havárii nebo kontaminováním odpadních vod) a následnému ohrožení lidského zdraví, a to nejenom pracovníků daného podniku. [2]

Pochopitelným nebezpečím je dopad na životní prostředí. Benzen se v atmosférických podmínkách vyskytuje ve fázi plynu. V plynné fázi má reakci totožnou s ostatními těkavými látkami na organické bázi, a proto může reagovat s radikály typu hydroxyl a peroxyacetylnitrát. Dohromady pak podporují vznik jevu, nazývaný fotochemický smog. Poté mohou složky benzenu odcházet z atmosféry ve formě srážek, kdy nastává jeho rozpouštění. Při kontaminacích půdních dochází k jeho celkem i rychlému odtékání do atmosféry, anebo v horším případě může dojít ke kontaminování podzemní vody. [2]

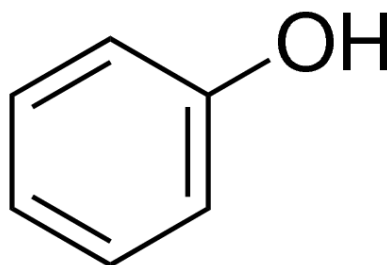
V posledním bodě je každopádně důležité seznámit se s nejhorší možnou situací při setkání nebo při úniku benzenu, tou je působení na lidský organismus. Považuji za důležité zmínit i tuto stránku, protože v chemickém průmyslu je zapojeno velké množství lidí, a zpracování nebezpečných látek, kterou je bezpochyby benzen, může přivádět velká rizika pro zdraví pracovníků v prvním případě a konče dopadem například na obyvatele okolí těchto průmyslových zařízení. Hlavní dvě rizika kontaminace benzenem, ke kterým může dojít, je buď orálním způsobem, anebo způsobem inhalačním. Při zasažení kůže čistým benzenem nedochází k tak velkému nebezpečí, jako při prvních dvou způsobech, protože při potřísnění dochází k rychlému odpaření. Nebezpečným však může být zásah látkou do oblastí očí, včetně pak samotného kontaktu s okem. V tomto případě pak může dojít k rozsáhlým zdravotním problémům týkajících se zraku. Když dojde k explozi benzenu, pak benzenová distribuce kontaminuje celé tělo. Jeho největší nashromáždění (koncentraci) lze poté nalézt v kostní dřeni, ve vysoce krevně zásobených orgánech (ledviny a játra) a v oblastech tkání, které disponují velkým obsahem tuků, např. mozek. K základním poškozením některých částí lidského těla dochází už při prvotní inhalaci, kdy může docházet k poškození centrální soustavy nervové, může také narušovat lidský systém imunity a můžeme také pozorovat problémy při tvorbě krve. Projevů, které se vyskytují při kontaminaci, je víc, např. pocit závratí, znatelné bolesti hlavy, může docházet k projevům zmatenosti, ale i k překvapivému projevu, a tím je euforie. Při nadměrné kontaminaci, kdy dojde ke selhání dýchací soustavy nebo k srdeční arytmií, může nastat i smrt. Z následků expozice chronické může docházet k poškození krvinek bílých i červených, tak i krevních destiček, což má za následek anemii, kdy lze pozorovat zvýšenou únavu člověka, krvácení (dásně, nos, kůže a trávicí trakt). S chronickou expozicí jde ruku v ruce poškození kostní dřeni a v tomto případě během 5 – 15 let (latentní doba) může dojít k projevům leukémie. [2]



Obrázek 3 Vagóny naložené benzenem v prostorách OKK Koksovny Ostrava [autor]

1.2. Fenol

Další produktem chemického odvětví koksárenského průmyslu je látka, která nese název fenol. Můžeme jej také nalézt pod názvy karbolová kyselina, karbol, benzenol nebo hydroxybenzen. Opětovně se jedná o látku, která je díky své jedovatosti a toxicitě nebezpečná, jak pro životní prostředí, tak pro lidské tělo. Lze ji shledávat jako krystalickou látku v pevném stádiu, která je bezbarvá. Čichovým vjemem je tato látka rozeznatelná svým sladko dehtovým zápachem (zápach v nemocnicích). Fenol lze zapsat chemickým vzorcem C_6H_5OH fenolová molekula obsahuje funkční skupinu hydroxylů (-OH), která se chemicky váže na jádro benzenu. Z tohoto vyplývá, že se jedná o aromatickou sloučeninu. Když se na to podíváme obecně, tak fenolem lze nazvat sloučeniny, které mají aromatický kruh o šesti členech a vážou se přímo se skupinou hydroxylů (-OH). Fenoly můžeme tedy zvat sloučeninami na organické bázi, které mají za nejjednodušší člen fenol. [3]



Obrázek 4 Vzorec fenolu-schéma [19]

Když se podíváme na vlastnosti fenolu, tak zjistíme, že jeho rozpustnost ve vodě je omezená ($8,3 \text{ g}/100\text{cm}^3$) a opačně řečeno lze tvrdit, že rozpustnost vody ve fenolu je také značně omezená ($28 \text{ g}/100\text{cm}^3$). Dalšími důležitými ukazateli je hustota ($1,07 \text{ g}/\text{cm}^3$), teplota tání fenolu ($40,5 \text{ }^\circ\text{C}$) a teplota, při které se fenol dostává do varu, ($181,7 \text{ }^\circ\text{C}$). Především jde hlavně o teploty, protože fenol má proměnnou rozpustnost ve vodě v závislosti na své teplotě. Pak lze vytvářet různé koncentráty o proměnných obsazích, tím vznikají odlišně silné roztoky. Taková malá perlička, kde se používá velmi slabý roztok fenolu, je skotská whisky pocházející z ostrova Islay (specifické aroma). [3]

Když se zaměříme na výskyt a výrobu, tak první krátkou zmínku věnuji výskytu v přírodě, kde jsou zejména v rostlinné říši docela běžné. Některé druhy rostli využívají přírodní fenol jako ochranu pro listy, aby bylo zabráněno býložravým živočichům je ožírat. Například tímto způsobem chrání svojí zeleň západní jedovatý dub, latinským názvem veden jako *toxicodendron diversilobum*. [3]

Zisku fenolu průmyslovým postupem se dosahuje benzenovou částečnou oxidací nebo redukováním za pomoci benzoové – kumenové metody a též metodou zvanou Proces dle Raschiga. Fenol je též získáván jako jeden z produktů, které vznikají při uhelné oxidaci. Když je potřeba získávat obsáhlá množství fenolu, tak je zapotřebí nechat oxidovat kumen za pomoci peroxidu vodíku, kde vzniká kumylhydroperoxid. A tento kumylhydroperoxid při vložení do prostředí o kyselém Ph se přeměňuje na fenol a aceton. [3]



Obrázek 5 Fenol ve své krystalické bázi [20]

Využití fenolu je stejně obsáhlé, jako u předešlého benzenu. Kratším vstupem do historie užití můžeme zjišťovat, že fenol byl využíván v různých formách a v různých odvětvích. Jelikož má fenol vlastnosti antiseptického druhu, tak byl již v 19. století využit Josephem Listerem v jeho průkopnické metodě antiseptické chirurgie. Velkou nevýhodou zde bylo především, že docházelo ke kožnímu podráždění díky silné fenolové expozici, proto byla antiseptická chirurgie nahrazena aseptickou chirurgií. Sám Joseph Lister musel uznat, že i samotné poranění musí být vystaveny důkladnému čištění. Tato očista ran byla prováděna pokrytím ran nějakým kusem hadru nebo vytvořenými cupaninami, které byly namáčeny v kyselině karbolové. Fenol je také pořád užíván jako složka v anestetikách pro orální užití (např. Chloraseptic). Opět lze uvést zajímavost z oboru využití fenolu, a to že byl užíván jako hlavní součást karbolových dýmových koulí. Tyto koule byly prodávány v Londýně (19. století) a sloužily jako ochrana proti chřipkovým onemocněním. I v dnešní době slouží jako přídavek při výrobě léčiv (např. acetylsalicylová kyselina) nebo při tvorbě herbicidů u pryskyřic na asyntetické bázi. (např. bakelit, nebo první synteticky vyrobená pryskyřice kterou je směs formaldehydu a fenolu). Své zastoupení najde i v biologii zabývající se molekulami, kde se fenol namíchává s chloroformem, aby bylo možné čistit DNA a RNA od přítomnosti bílkovin. Kosmetická výroba spadá pod další část, kde lze využívat fenol. Zejména se jedná o vyrábění přípravků na opalování, přípravků sloužících pro barvy na vlasy a též jako přípravek, který se využívá pro kožní bělení. Aromatické kruhy fenolu pohlcují ultrafialové záření, a proto slouží v těchto výrobcích jako ochranný prvek. [3]

Fenol nebyl vždy v historii jenom jako přípravek v medicíně, ale bohužel jeho vlastnosti byly využity za 2. světové války, testovány a následně použity nacisty jako fenolové injekce určené k rychlým popravám. Při testování bylo využito poznatků užití injekcí už v 30. letech 20. století, kde byly tyto injekce podávány v programech euthanasie. Leč byl fenol levnou a rychle účinkující látkou, tak nacisti nadále dávali přednost pro hromadné vraždění plynovým komorám (Cyklon B). Primárně ho využívali pro popravování jednotlivců, především v koncentračním táboře Osvětim. Na konci války by použit i některými samotnými pohlaváry nacistického Německa k sebevraždě. Na usmrcení je dostatečná dávka už 1 gram fenolu, podaný v injekci vpichem do paže, nebo v případě velmi rychlé a jisté smrti přímo do srdce. [3]

V roce 1942, 2. listopadu jeden z lékařů SS vybral z bloku 20. v Osvětimi 49 nemocných vězňů, kteří byli ještě téhož dne zavražděni fenolovými injekcemi vpichem do srdce.



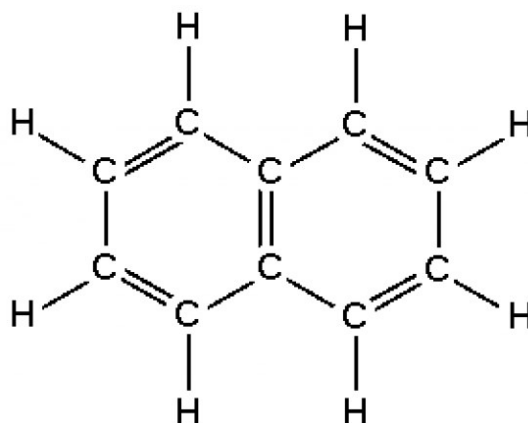
Obrázek 6 Ilustrace znázorňující událost 2. listopadu 1942 [21]

Poslední věnování bude stejně jako u předešlé látky směřovat k postihům zdraví z důsledku kontaminace fenolem. V první případě je nutné zmínit, že fenol je látkou leptavou, a to s účinky poleptání všech tělních tkání (včetně neporušenou kůží). Lipofilní charakter fenolu pomáhá jeho rychlému pronikání do buněk (vznik toxicity systému). Cílem proniknutí fenolu do těla jsou opětovně ledviny a jaterní oblast, následované těžkými dopady na systém dýchacích cest a systém oběhový. Při vnitřním požití je fenolem vyvolána bolest (pálivé působení). Další fází je bílá nekróza, a to zejména v ústech, jícnu a v oblasti žaludku. Tato nekróza způsobuje a vyvolává zvracení a průjmy s obsahem krevní složky. Na kůži pak působí jejím vybělením a necitlivostí, doprovázené v prvotním okamžiku silným pálením. Doprovodné tělní reakce jsou bolesti hlavy, hypotenze, silné závratě, arytmie na komoře a poblebnutí, které má přechod až k cyanóze. Všechny tyto příznaky navíc doprovází křeče s excitací, nastává pokles teploty těla a edém na plících (hemolytická anémie). Dalším

nebezpečí při kontaktu s fenolem je kontaminace těla vstřebáním fenolových par, které rychle působí na plíce, tak na kůži. Při nádechu se z páry do lidského organismu vstřebává 70-80 % fenolu. Z tohoto vyplývá, že je nutné brát na zřetel zvýšenou bezpečnost zařízení a podniků, které vyrábějí nebo zpracovávají fenol. Smrt je ve většině případů spojena s nadměrným požitím fenolu buď ve formě silného roztoku nebo prášku, anebo může také nastat při rozsáhlém zasažení oblastí těla. [3]

1.3. Naftalen

Dostáváme se k další nebezpečné chemické látce, kterou je možné produkovat v koksárenském závodě. To látkou, která se extrahuje z uhlého dehtu, je naftalen (také albocarbon nebo antimite). Vzorcem pro naftalen je $C_{10}H_8$. [4]



Obrázek 7 Chemický vzorec naftalenu-schéma [22]

Když hovoříme o naftalenu, tak ve své podstatě hovoříme o nejvíce jednoduchém polycyklickém uhlovodíku, který je uplatňovaný ve velkém množství látek v chemickém odvětví. Je pochopitelné, že zdroj, při kterém vzniká naftalen, je zpracování materiálu na organické bázi a jeho hoření. Naftalen se do ovzduší dostává způsoby, které jsou hlavně doprava, elektrárny na uhlí a samozřejmě podniky, kde se naftalen zpracovává. Vysoce nebezpečný je především pro organizmy žijící ve vodním prostředí (kontaminace vody). Naftalen může být člověkem vdechnut, požit a může jím být potřísněná kůže. Slabá dávka pak vyvolává potíže a podráždění cest dýchacích, oční oblasti a jsou doprovázeny nevolností až závratěmi. Při silnější kontaminaci nastává rozkládání červených krvinek a pochopitelně s tím spojené poškození jaterního orgánu. Nebezpečnou vlastností naftalenu při působnosti na člověka je jeho průchodnost placentou, následně pak poškození plodu. Je zařazen mezi karcinogenní látky (2B IARC). [4]

Jak již bylo napsáno dříve, tak naftalen je v koksově získáván extrahováním z uhlého dehtu. Jeho hlavní využití nacházíme ve výrobních zařízeních, kde se produkuje PVC, různé druhy lepidel a léčiv, taktéž výroba pryskyřice, barev a látek určených pro

mazání (maziva). Užívá se taky jako činidlo na dezinfekci, také jako fungicid a přípravek proti hmyzu (v domácnosti především proti molům). Své užití nalézá i v oblasti ochrany dřeva (ošetření železničních pražců). Díky své těkavosti je naftalen v prostoru atmosféry rychle degradující. V půdním prostoru pak rychle kontaminuje podzemní vodu. [4]

Jak bylo výše psáno je nejvíce jednoduchým polycyklickým uhlovodíkem (PAH), který má dvě jádra benzenu. Ve skupině společně s benzenem, styrenem, toluene, xyleny a kumenem spadá do oblasti nazývané areny. Když jsou normální podmínky, pak lze tvrdit, že naftalen je látka s bílými krystaly a typicky zapáchající. Díky těkavosti jsou naftalenové páry vystaveny hoření. Lze jej rozpouštět ve vodním prostředí, hlavně jeho rozpustnost v alkoholu, éteru a jiných uhlovodíkových látkách je velmi dobrá. [4]

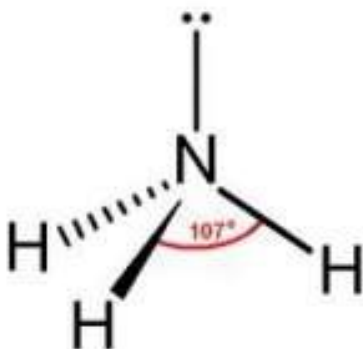
Přírozený prostředí výskytu naftalenu je při spalování organických hmot. O uhelném dehtu, ze kterého se naftalen extrahuje, bude také v další podkapitole napsáno. V ČR hlavním zdrojem naftalenu je DEZA ve Valašském Meziříčí. Dalšími provozy produkce naftalenu a pochopitelně s ním spojené problémy s emisemi se vyskytují v oblastech jeho produkce, Aliachem Synthesia v Pardubicích, Chemotex v Děčíně, Výroba v hutích a chemických provozech v okolí Ústí nad Labem a dále koksárenské průmysly v Ostravě a Trinci. Zde se opravdu jedná jenom o hlavní výrobce, ale pochopitelně emise z naftalenu vznikají všude tam, kde se zpracovává ropa, anebo dehet z uhlí. [4]

Nyní již zbývá se jenom podrobněji podívat na konkrétnější postihy zdraví způsobené ze styku s naftalenem. Hlavním problémem je schopnost měnit cykly v obrazu krve, což vede ke problému zvaném chudokrevnost. V krevním obrazu samozřejmě dostává újmy i játra s ledvinami. Dochází také k podráždění očí, které může způsobit problémy jako rohovkový zákal nebo spojivkový zánět. Vnitřní požití naftalenu vede k poškozování trávicího traktu a jeho doprovodné problémy průjem a zvracení. Chvění, křečové záchvaty a paralýza respiračního původu jsou také přítomny při kontaminaci. V kontaktu z kůží se mohou po určité době objevovat nemoci na kožním povrchu. Naftalen je karcinogenní látkou, který může u těhotných jedinců poškozovat plod. To pak spěje, že děti narozené z plodu, který je infikovaný naftalenem, mohou mít rozsáhlé problémy krevního obrazu. Jak se můžete dočíst, tak se jedná hned o třetí velmi nebezpečnou látku, která se produkuje v koksárenských zařízeních. [4]

1.4. Amoniak

Tato látka je také známa pod jiným obecnějším názvem, čpavek. Opět na konci této podkapitoly zjistíme, že se jedná opět o látku poškozující zdraví, ale opětovně druhou stranou, zjistíme její velké využití v různých částech průmyslu.

Na úvod bude vhodné uvést vzorec čpavku (NH_3). Jeho nevyužívanější oblastí je zemědělství, kde se jedná o formu hnojiva. Při normálních podmínkách amoniak shledáváme bezbarvým plynem se svým typicky silným a štiplavým zápachem. Jeho využitím se zabývá agrochemický průmysl, průmysl zabývající se výrobou výbušnin, průmysl farmaceutický nebo petrochemický průmysl. Čpavek nalezneme jako součást dusíkového koloběhu v přirozeném stavu. Většina čpavku se do atmosféry dostane díky rozkládání materiálu, který je organickou bází. S tím to samozřejmě souvisí vysoké využití hnojiv, složených z dusíku. Toxicita amoniaku má silný dopad působnosti na organismy, žijící ve vodním prostředí. [5]



Obrázek 8 Chemický vzorec amoniaku-schéma [23]

Nyní se podrobněji podíváme na charakteristiku čpavku. Jak už bylo zmíněno v úvodu, čpavek reprezentuje jeho silně čpící zápach a plynná bezbarvost. Další vlastností je zásaditost, k tomu se jedná o látku s žíravou a dráždivou povahou. Když je k dispozici vysoký tlak, tak existuje možnost skladování čpavku v kapalném stavu. Má velmi dobrou vlastnost rozpouštění se ve vodním prostředí a vlastnost kyselinové reakce, při které vzniká sůl amonná. [5]

Tyto sloučeniny amoniaku i amoniak sám jsou v zemědělství hodně žádané druhy hnojiv, protože se jedná o hnojiva na dusíkaté bázi. Jako plynu, lze čpavek využít v průmyslu a oblastech, kde se využívají chladírenská zařízení, zde nahrazují čím dál více freony. Mezi další užitnost patří také výroba činidel, které slouží k čištění a bělení, a to nejen v průmyslu, ale i v domácím prostředí. Procesy zahrnující užití amoniaku jsou zemědělská výroba, zbrojní průmysl, výroba plastů, výroby léčiv a dezinfekcí nebo při kaučukové výrobě a

v petrochemickém průmyslu. Fungicidní vlastnosti amoniaku lze využít především při zpracování ovoce, kde kontroluje růst hub. [5]



Obrázek 9 Čpavková voda-technický slabší roztok [24]

Jelikož se jedná opětovně o látku, kterou lze produkovat v koksárenském prostředí je důležité zmínit i její zisk v tomto odvětví průmyslu. Čpavek se v koksově objevuje během procesu zvaném koksování, a to především v plynu koksárenském. A druhý způsob zisku amoniaku je slabší plynný roztok (plynný kondenzát). V tomto roztoku se pohybuje obsah čpavku mezi 20 % a 30 %. [6]

Známe tři techniky (komerční využití) jak lze z koksárenského plynu získat čpavek:

- 1) Okruh určený pro vypírání NH_3 (amoniak) a H_2S (sulfan). Tento proces lze popsat tak, že vypírání čpavku z koksového plynu probíhá v zařízení zvaném čpavkový skrubr. Ve skrubru je použito jevu pro vypírací techniku vody a tekutiny určené k promývání. Výtok z tohoto skrubru lze dále užívat jako kapalinu pro vypírání v sirovodíkové pračce. Až po další fázi výtoku z následné pračky sirovodíku máme zde dvě přítomné látky, amoniak a sirovodík. Kondenzát obsahující tyto látky je přemístěn do zařízení, které slouží jako čpavkový odlučovač a poté je podroben destilačnímu zařízení. Proces lze uvést pod jménem Carl Still, Diamex nebo také ho lze zvat procesem Amoniumsulfid Kreislaufwisher (ASK).[6]

Další dva procesy spadají do oblasti procesu zvaného rekuperace síranu amonného (NH_4).

- 2) Pro tento proces využíváme dva druhy zařízení, které jsou známe pod označením Otto a Wilputte proces. Využívají krystalizační regulace za nízké difference. V obou případech je plyn z koksárenského procesu skrácen kondenzátem, který je dopředu zředěn sírovou kyselinou a je zapříčiněno, že vzniká síran amonný.[6]

- 3) Posledním procesem získávání čpavku z koksárenského plynu je rekuperace přímá a výsledkem je čpavek v bezvodém stavu. Toto bylo vyvinuto průmyslovou společností US Steel Corporation a nese univerzální název USS PHOSAM. Opět je amoniak vypírán z koksového plynu, ale je tady použit důmyslný systém vypírání protiproudem pomocí slabého roztoku s amoniakálními sloučeninami a kyselinou fosforečnou. Procento úspěchu odstranění čpavku je 98 – 99%. [6]

V poslední části se opět podíváme na účinky amoniaku na zdraví člověka. Je zde opětovně velké množství negativních dopadů na zdraví, např. dráždivé kašláni, oční podráždění, nosní podráždění a podráždění hrdla. Oproti tomu za vysokých koncentračních hodnot lze docílit nepříjemných zánětů (oční, kožní, hrdelní a plicní oblast). Při dlouhodobých pracích zaměřených na zpracování nebo zisk amoniaku, lze u jedinců sledovat potíže dýchacích cest s chronickými dopady, zákal zeleného typu, anebo poškození a nemoci oční rohovky. Krátce stojí též napsat o dopadech na životní prostředí, kde zejména kontaminace vody může vést k rozsáhlému úhynu živočišstva a rostlinstva a samozřejmě znehodnocení vodního zdroje. V atmosféře dochází ke kondenzaci čpavku z ovzduší a jeho navrácení podporuje kyselé deště. [5]



Obrázek 10 Pískové filtry OKK Koksovny [autor]

Na obrázku 10 můžeme vidět zařízení, které slouží k lepší filtraci čpavkové vody. Jedná se o pískové filtry. Je velmi důležité dodržovat pravidelnou regeneraci písku. Tato regenerace spočívá v tom, že se písky sytí parou.

1.5. Uhelný dehet

Jedná se ve své podstatě o směs velkého množství látek. V lidovém názvosloví lze narazit na název tér. Jde o kapalinu s hnědou nebo černou barvou, která má viskozitu ve vysokých číslech. Je opět rozeznatelný pro svůj uhlovodíkový zápach. Uhelný dehet vzniká při procesu uhelného karbonizování u koksárenské výroby. Druhým způsobem získávání uhelného dehtu lze učinit procesem, který je znám jako zplynování, a to se děje u výroby svítiplynu. Uhelný dehet je velmi složitá a zároveň proměnná směs, ve které se nachází fenoly, polycyklické aromatické uhlovodíky a sloučenin heterocyklických. [7]



Obrázek 11 Dehet [25]

Využití koksu má velkou škálu. Hlavní vlastností dehtu z koksárenské produkce je jeho hořlavost. Z toho vyplývá užití jako paliva. Vzhledem k tomu, že se jedná o druh těžkého oleje, je nutné ho přivést zahřátím do stavu řidšího, tedy tekutého. Zajímavým odvětvím využití uhelného dehtu je dost překvapivé, a tím je léčebné užití. Uhelný dehet je přídavkem do léčivých mýdel, šampónů a mastí. Tyto léčebné prostředky se hlavně využívají k léčení kožních nemocí (lupus a psoriáza). Samozřejmě je nutné podotknout, že se dehet zde vyskytuje ve formě části roztoku spolu s ethanolem a polysorbátem, to vše vmíchané do vazelíny. Za zmínku určitě taky stojí užívání dehtu k syntéze paracetamolu. Takovým malým vstup do historie využití uhelného dehtu stojí za to říci, že byl využíván už v Egyptě ve starověku, kde sloužil jako přípravek pro mumifikaci (1000 př. n. l.). Dříve byl dehet velmi často využíván v oblasti stavebnictví ve formě směsi pro stavbu vozovek a chodníků, anebo pro pokrytí střech. Velkou nevýhodou zde bylo shledáno, že při větších teplotách se dehet roztéká, což vedlo k lepení dehtu na pneumatiky automobilů nebo na boty. V oblastech

střech pak ke stékání po bocích domů. V zimním období byl pak dehtový povrch vystaven nižším teplotám a stával se velmi křehkým. [7]

V rámci zisku dehtu při výrobě v koksárenském zařízení ho lze získat z koksového plynu. Větší procento množství vody a uhlovodíků se během procesu, kdy koksárenský plyn chladne, kondenzuje. Kondenzát putuje z potrubního řádu od dehtového odlučovače, který funguje na principu elektrostatiky. Následně je veden do separačního zařízení, kde dochází k oddělení dehtu a vody. Zde nám jde především o ten dehet. Ale využití má i odpad ve formě separované vody, ze které se odděluje kapalina (dehtová voda). Z této dehtové vody se při procesu v odlučovači čpavku získává čpavková voda. Někdy lze sledovat v jistých koksárenských zařízeních, že jsou vkládány škrabky (hrabla), které z kondenzátu odstraňují větší nečistoty a ty se poté dávají zpět do nové vsázky uhlí. [6]



Obrázek 12 Koráb-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 14 Víko korábu-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 13 Pohled pod víko korábu-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 17 Pohled 1 na pohon korábu-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 16 Pohled 2 na pohon korábu-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 19 Odvzdušňovací komínek-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 18 Hrubý odpad z dehtu-OKK Koksovny [autor]

Obrázek 12 nám ukazuje zařízení zvané koráb, a toto zařízení slouží k extrahování hrubých nečistot z uhelného dehtu. Obrázek 14 je pohledem na víko, pod kterým se skrývají hrábla. Tato část je umístěná na horní straně korábu. Na obrázku 13 jde pak vidět, jak vypadají hrábla po otevření víka. Někdy dochází k situacím, že se hrábla zastaví. V podstatě se spíše jedná o zaseknutí v důsledku příliš velkého nahromadění hrubých nečistot, pak je nutno, aby příslušný pracovník, zajištěn lany, se spustil skrze víko do útrob korábu a ručně seškrábal nečistoty, které blokují lopatky. Obrázky 15 a 16 znázorňují pohon korábu. Jak lze sledovat na průvěsu řetězového převodu, jedná se pomaluběžné otáčení lopatkami. Řetěz je velmi důležité udržovat a často měnit. Na obrázku 18 je pak vidět důležitá část, odvzdušňovací komínek, který odvádí zplodiny z důvodu zamezení případného výbuchu zařízení. Těchto komínků je zde umístěno více. A na obrázku 17 pak vidíme odpad z extrahovaného dehtu. Tento odpad se dále nevyužívá a je určen k likvidaci.

Dopad na zdraví člověka je poněkud menší než např. u benzenu, naftalenu nebo fenolu, ale i když je využíván jako léčivo pro některé kožní nemoci, tak ve větších mírách může dehet kůži poškozovat a vyvolávat alergie. Jelikož uhelný dehet je směsí spousty látek, tak některé z nich poškozují buňky, a tudíž působí karcinogenně. [8]

1.6. Provozní roztok STRETFORD (produkt: síra)

V této podkapitole bude popsán způsob odsiřování koksárenského plynu. K tomuto odsiřování se používá chemický proces, který nese stejné jméno jako provozní roztok, který tento proces využívá. Tento způsob odsiřování byl objeven v průběhu roku 1950 a sloužil k odstraňování H_2S (sirovodíku) ze svítiplynu. Šlo o prvotní pokusy najít oxidační způsob, kdy se ze sirovodíkové konverze zaručuje přechod na síru a tím by se vytvořilo uplatnění v komerčním sektoru. Byl vyvinut Tomem Nicklinem, který zasedal v radě plynárenských závodů v Manchesteru (NWGB). Název procesu je se vztahuje k místu, kde sídlila NWGB, a tím se Manchesterská čtvrť jménem Stretford. Proces se nakonec velmi uchytil a to tak, že získal Cenu královny v oblasti průmyslu roku 1968. Okolo roku 1970 přišel takzvaný rozmach využívání této technologie a STRETFORD se začal rozšiřovat do závodů po celém světě. [9]

Podíváme-li se na blíže na princip metody STRETFORD, tak hlavní částí procesu je, že roztok určený pro vypírání absorbuje sirovodíkovou složku a na to poté navazuje oxidace na síru v elementárním stavu. Jeho největší výhodou je přitom jeho vysoká účinnost v procentech obsahu zisku čisté síry. Nejprve je důležitou věcí získat z koksového plynu kyanovodík. Jde o odstranění z důvodu možné reakce provozního roztoku STRETFORD a ta by zapříčinila, že chemikálie užívané k vypírání by byly spotřebovávány ve větší míře. Ale i tato redukce spotřeby vede ke zvýšení nákladů, protože je nutno do procesu zařadit

jisté zařízení, tím je pračka na kyanovodík, který je možno odstranit pomocí speciálního roztoku v generátoru na polysulfid. Do prostoru generátoru na polysulfid je nutno přivést zlomek síry, která už je částečně vyprodukována a za jejím vznikem stojí jednotka oxidace. Když pak máme nějakou část obsahu roztoku, který je očištěn od kyanovodíku, musíme jej z tohoto zařízení odvádět, protože by se mohlo stát, že v očištěném proudu by se mohli začít vytvářet thiokyanát sodný a další solné látky. Tento vznik by byl podporován reakcemi vedlejšího typu. [10]

Když máme už koksový plyn vyčištěn (zbaven kyanovodíku), tak je přesouván do spodní části pračky na sirovodík, která má dvě části, tudíž se jedná o dvoudílné zařízení. V tomto prostoru opět uplatňujeme protiproud technického roztoku STRETFORD. Cílem použití STRETFORDU je vyprání prakticky celého obsahu sirovodíku z plynu koksárenského typu. Roztok, který slouží k vypírání, má své vlastní složení. Jedním z prvků je sodná část, pak sodná sůl antrachinondisulfonové kyseliny, dále vanadičnatá sodná sůl, vinanová sodná sůl, anebo citranová sodná sůl. V první fázi dochází k absorpci sirovodíku do sodného roztoku, při kterém vzniká hydrogensulfid sodný a také hydrogenuhličitan sodný. Prvně zmíněný se nechává oxidovat v části vypíracího zařízení, konkrétně v jeho spodní části, a tím vzniká síra. Látka, která podporuje tuto oxidaci, nese název vanadičnan sodný. Když nám oxiduje sirovodík na síru, pak dochází k redukci vanadičnanu sodného a vzniká nově sodný vanadičitan. Na výstupu z propíracího zařízení putuje roztoková část do zařízení, které je určeno pro oxidaci a ta spočívá v principu vzduchové regenerace. [10]

Tím ale vše nekončí, protože je opětovně nutné, aby vzniklý sodný vanadičitan, pomocí regenerace, se přetvořil na sodný vanadičnan, protože jej lze stále využívat k oxidačnímu procesu, při kterém oxidací ze sirovodíku vzniká síra. Pro regenerační postup je zapotřebí sodná sůl antrachinondisulfonové kyseliny (označení ADA-ox). Ta je ve své podstatě kyslíkovým přenašečem. Následuje vznik sodného vanadičnanu, ale už jenom s redukcí stavu. Tím stavem je sodná sůl abtrachinondisulfonové kyseliny (značená jako ADA-red). ADA-ox vzniká kyslíkovou regenerací z jejího předchůdce ADA-red. ADA-ox je dále využita ve své formě oxidové regenerace pro oxidační proces přechodu, při kterém se z vanadičitanu stává vanadičnan, $V^{+IV} \rightarrow V^{+V}$. [10]

V místě určeném pro oxidaci je nutné provést separaci pomocí flotace (separovaná je vzniklá síra). Jde o separování síry od roztoku, který slouží k vypírání. K odstraňování z povrchové části se odebírá pěna. Když už je provozní roztok dostatečně vyregenerovaný, tak jej můžeme vkládat do nádoby a za pomoci zařízení, které je určeno k dávkování, se do tohoto prostoru dopravuje souhrn sloučenin v čistém stavu, např. čistá soda, ADA čistý vanadičnan, čistý vinan, anebo čistý citran. Tyto látky je potřeba dodat roztoku vypíracího

zařízení a ten se dále využívá pro sirovodíkové praní plynu, pocházejícího z koksárenské produkce. [10]

Pěna, které je od roztoku separovaná pomocí flotace, má obsah sirné složky. Z tohoto sirného obsahu je 5 – 8 % pevné fáze, ta se sesbírává z povrchové části a je přesouvána k následnému zpracování v příslušném zařízení, odstředivce. Odstředivka slouží především k zadržení a následném odstranění částí v pevném stavu. Po předešlém odstředění pomocí odstředivky vzniká jev, kterému se říká sirný koláč. Ten se zpracuje tak, že se nechá rozpustit po částech menších dávek v speciálním zařízení, kterým je autokláv (tlaková nerezové zařízení). Autokláv slouží specializovaně jako sestava přístroj – reaktor, který je konstruován, aby v něm probíhaly reakce, ke kterým je zapotřebí tlaku o vysokých hodnotách a teplot o vysokých hodnotách. [10]



Obrázek 20 Příklad zařízení-autokláv [26]



Obrázek 22 Zásobníková věž STRETFORDU-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 21 Odstředivková věž-OKK Koksovny [autor]



Obrázek 26 Odstředivka a její pohon-OKK Koksovny
[autor]



Obrázek 25 Spodní část odstředivky-OKK Koksovny
[autor]



Obrázek 24 Promíchávací zařízení 1-OKK Koksovny
[autor]



Obrázek 23 Promíchávací zařízení 2-OKK Koksovny
[autor]

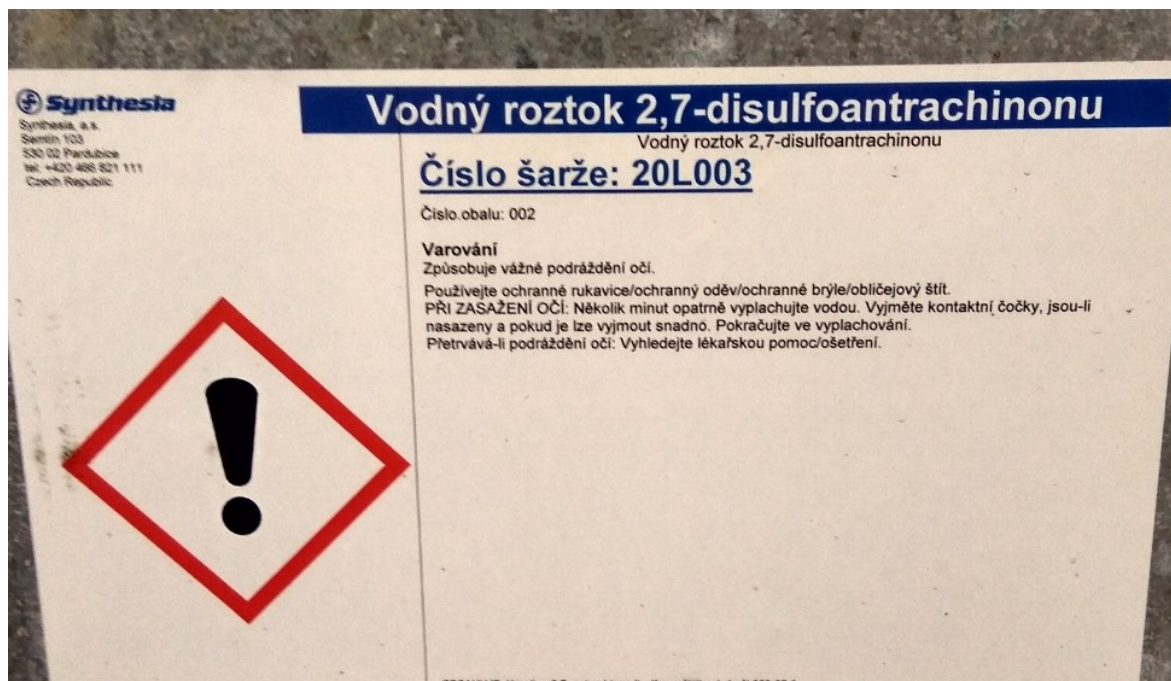
Obrázek 21 ukazuje zásobníkovou věž ve které se uchovává provozní roztok STRETFORD. Na obrázku 22 pak můžeme vidět věžní zařízení ve které je v horním patře odstředivka, která třídí pevné části síry. Odstředivka podstoupila i měření na vibrace a více bude k jejímu problému popsáno v praktické části práce. Obrázek 24 už je vnitřek horního patra, kde jde vidět samotné zařízení odstředivky a jejího pohonu, následuje obrázek 23 zabírající prostřední patro ve kterém se nachází spodní část odstředivky. Na obrázku 22 pak můžeme sledovat v popředí jedno ze sil ve kterém se promíchávají sirné části, aby nedošlo k jejich zatuhnutí, jsou napojeny na odstředivku. V pozadí vidíme část koksárenské baterie a chladicí věž, ve které dochází k chlazení koksu vytlačeného z koksárenských baterií a přiváděného do chladicí věže pomocí hasícího vozíku. Malou zajímavostí je to, že stěny chladicí věže jsou vyrobeny z dubových fošen, protože jako jediný materiál dokázal obstát přechodu z vysokých teplot na nízké pomocí chlazení. Na obrázku 25 se nachází obdobné silo pro promíchávání. V pozadí uprostřed pak můžeme vidět jednu z více uhelných věží, které zásobují koksárenské baterie. Komín v pravé části (červené a bílé lemy) je součástí teplárny, která nepatří do společnosti OKK Koksovny.

Když se opětovně navrátíme k procesu ve fázi autoklávu, tak v něm dochází k rozpouštěcímu jevu podporovaného parou. Parou je ohřívána sirná vsázka se zbylou kapalinou (zbytek, co prošel). Ohříváme proto, abychom docílili snížení viskozitní vlastnosti, ale nesmí se stát, že směs začne vařit. Doba trvání tohoto procesu je přibližně 20 hodin. V první polovině času nastává jev, kdy se síra pozvolna rozpouští. Druhá časová část je pak věnována sirnému oddělování od roztoku vodného charakteru. Na dně vzniká sedimentace sirné látky a nad ním vzniklý provozní roztok STRETFORD se vrací zpět do zařízení, ve kterém probíhají oxidační procesy. [10]

Sirný zbytek (sediment) se vypouští ze spodní části autoklávu (otvor na dně) do zásobníkového prostoru, který je vyhříván a slouží jako zásobník síry. Konečný sirný produkt pak přepravujeme pomocí cisteren, kde se síra nalézá v roztaveném stavu. Druhý a častější způsob přepravy je pevná fáze (forma granulovaná). [10]

I zde vznikají vedlejší reakce, které doprovázejí sirovodíkové vypírání a oxidační proces, který slouží u propírání roztoku. Těmito vedlejšími reakcemi vznikají látky na bázi soli, kde největším podílníkem je $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (sirnatan sodný). Jeho obsah nepřekračuje 1 % obsahu extrahované síry. Je důležitou věcí zamezit této soli, aby nedošlo ke krystalizaci. Ta by se mohla aktivovat vlivem dalších procesů v provozu nebo při větších solných koncentracích. Krystaly vzniklé krystalizací mohou pak následně vést k ucpání zařízení, proto se musí roztoková část odebrat a ekologicky zlikvidovat. Když tuto odebranou část likvidujeme pomocí rozkladu tepla, kterou provádíme v peci, pracující na principu redukce, pak můžeme zpětně získat některé sloučeniny, např. vanad a sodík. Ty lze bez problému

využit zpětně na počátku k přípravování nového roztoku na vypírání. Zbytek plynu, ve kterém je obsáhlá část sirovodíkové složky je navracena zpět do plynu z koksárenské produkce. [10]



Obrázek 28 Vodný roztok 2,7-disulfoantrachinonu [autor]



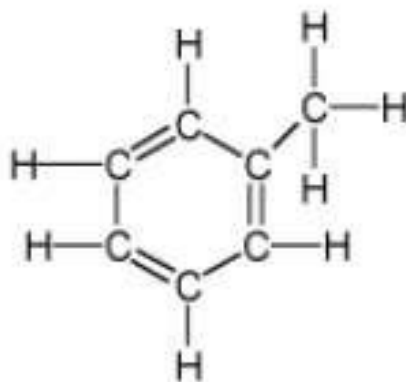
Obrázek 27 Přídavek vanadové složky [autor]



Obrázek 29 Kyselina citrónová [autor]

1.7. Toluen

V posledních dvou podkapitolách se ještě podíváme na chemické látky, které je možno extrahovat z benzenu. Tou první je látka toluen (někdy se také setkáme s názvem methylbenzol). Jeho chemický vzorec je C_7H_8 . Látka toluen má přirozený výskyt, jedná se o uhlovodík, který je znám pro svou těkavost a aroma typického zápachu s nasládlým koncem. V chemickém průmyslu zastává toluen důležitou funkci, jak rozpouštědla, tak prvotní suroviny, ze které se vyrábí další škála polymerů (např. nylon nebo PET). Člověk se může dostat do kontaktu s toluenem v případech, kdy jej vdechne, pozře nebo dojde ke kontaktu toluenu a kůže. Je velice nepříjemnou dráždivou látkou pro oblast kůže, očí a silně dráždí je především pro dýchací ústrojí (hlavně poškození horních cest dýchacích). O toluenu můžeme hovořit i jako o narkotiku. Dalšími reakcemi na kontaminaci může být bolení hlavy a nevolnosti v žaludeční oblasti. Expozice chronického typu může vést pochopitelně k zásahu nervové soustavy, zde nastávají problémy v paměťových ztrátách, dochází k bolestem trvalého trvání a v neposlední řadě k omezení funkcí mozečku a jeho poškozování. [11]



Obrázek 30 Chemický vzorec toluenu-schéma [27]

V přirozených procesech vzniká toluen, hlavně při erupcích sopek a požárech lesů. Toluén je přirozenou částí ropy v surovém stavu. Emise vznikají především v oblastech, kde se vyrábí, anebo zpracovává benzín (včetně oblasti dopravy). Dalším producentem emisí je pochopitelně průmysl zabývající se chemickým zpracováním toluenu. Kontaminace životního prostředí nebývá velkých rozměrů, a to z důvodu těkavosti (rychlé odpařování) a poměrně rychlé biodegradaci. [11]

Při bližším pohledu na charakteristiku zjišťujeme, že toluen ve své základní podstatě je kapalinou bez barvy a charakterem nasládlého zápachu připomíná benzen. Teplota, při které toluen taje je $-94,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplota, při které se toluen dostává do varu je $110,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve vodě jej nelze rozpouštět. Dobrou rozpustností disponuje v rozpouštědlech na organické bázi, jakými jsou například alkohol, éter a chloroform. Za důležitou zmínku je považováno to, že nepůsobuje korozi. Je zařazen do oblasti hořlavin, označených jako 1. třída a když dojde k jeho nashromáždění par, pak tyto páry tvoří směs, která může vybuchnout. [11]

Jak už bylo v úvodu podkapitoly uvedeno slouží toluen, jako primární látka pro výrobu v chemickém průmyslu (výroba nylonu, PU a PET). Dále se toluen používá jako rozpouštědlo do barev, laků, různých druhů lepidel nebo v prostředcích na čištění. Jeho využití můžeme také pozorovat v odvětvích, kde se barví kůže, v prostorách tiskařských provozů, při benzenovém vyrábění, slouží též při výrobě léčiv a produktů, které jsou určeny pro kosmetiku. V benzínu je možno jej nalézt jako aditivum, které se přidává, protože zlepšuje motorovou výkonost. [11]

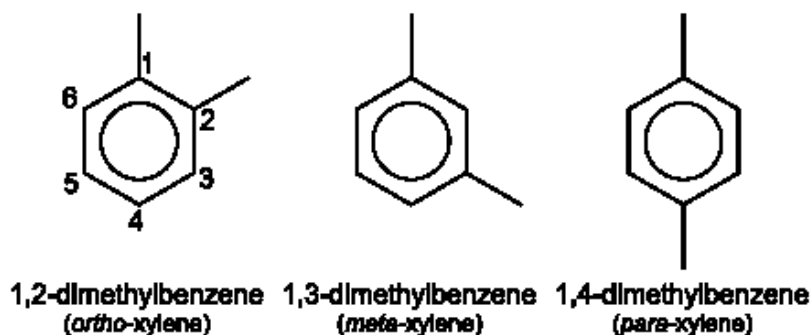
Opět je důležité zmínit účinky toluenu na lidské zdraví, jelikož se může člověk dostat k častému kontaktu s ním. Toluén vylučuje páry a ty pak působí jako narkotikum, což vede k bolesti v oblasti hlavy. Při pozření může velmi nepříjemně poškodit žaludeční oblast a při kontaminaci vdechnutím je možno pozorovat poškození cest dýchacích. Při potřísnění kůže, může toluen v některých místech vyvolat i odmaštění kůže a tím i dráždit kůži. U podráždění pokožky závisí především na množství toluenu, které se vstřebalo do pokožky. Když dojde

k rozsáhlé kontaminaci pokožky, pak následuje vysušení kůže a podráždění, což může vést i k závažnému onemocnění zvaného dermatitis neboli ke kožnímu zánětu. Při vyšších koncentracích par dostávají největší zátěž i oční prostory, a to především sliznice očí. [11]

1.8. Xylen

Jak už bylo zmíněno v podkapitole předešlé, tak zde bude popsána druhá látka, která se získává z benzenu a tou je xylene nebo též xylol. Jedná se o látku, která bývá zpravidla složená ze tří prvků (izomerů) uhlovodíku, který je aromatický. Toto seskupení izomerů se dá také nazývat jednotným názvem, dimethylbenzen. Především se využívá jak rozpouštěcí látka v oblasti polygrafie, nebo také průmyslech zaměřených na lakování, výrobu gum a zpracování kůže. Kapalina je čirého vzhledu a bez barvy, její aroma připomíná zápach nasládlého typu. A opětovně se jedná o látku, která má vlastnost hořlavosti. Hlavní odvětvím, kde se dá xylene získat, je ropná rafinace, speciálně v části, kde se produkuje tzv. reformát neboli benzínový reformát, který je bočním produktem aromatická alkylace a toluenovou transalkylací. Rovnovážnost chemie mezi částmi (izomery) je nastavena ve prospěch izomerové části, meta. Z tohoto důvodu je nutno zavádět v průmyslech chemických a petrochemických úpravu, která využívá izomeraci xylenů. Nebezpečné je, že toluen je zneužíván jako droga pro inhalování. [12]

Z chemického hlediska je xylene názvem pro zobecnění skupiny tří izomerů, které jsou benzenové deriváty. Konkrétně se jedná o ortho-, meta- a para-. Názvy syntetické jsou 1,2-dimethylbenzen, 1,3-dimethylbenzen a v poslední řadě 1,4 dimethylbenzen. Hlavní rozlišovacím rozdílem je poloha skupin methylů, které jsou různě rozmístěny na kruhu benzenu. Každý izomer má trochu lišící se vlastnosti. Obecně platí, že teplota, při které dochází k tání, se mění v rozmezí od $-47,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ (m-xylene) do $13,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (p-xylene). Oproti tomu varná teplota je pro všechny izomery totožná, a to $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Xylene disponuje hustotou $0,87\text{ g/cm}^3$, můžeme vidět, že voda je těžší než xylene. [12]



Obrázek 31 Schémata derivátů benzenu [28]

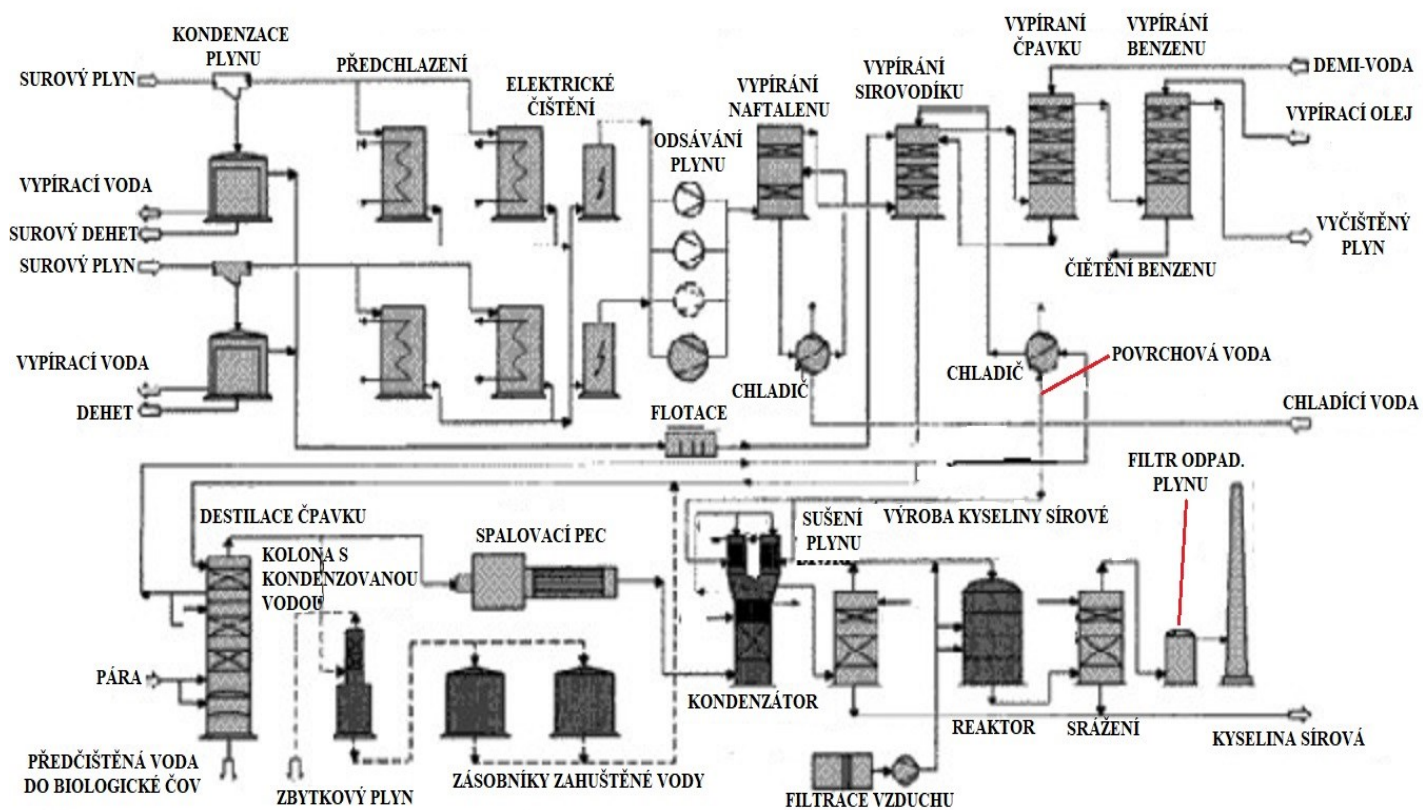
Když se zaměříme na využití xyleny, tak zjistíme, že je užíván v různých odvětvích. Například se používá jako rozpouštěcí prostředek v různých částech průmyslu. Druh p-xylene

je základní surovinou, která se využívá při vytváření tereftalové kyseliny. Tato kyselina je monomerem, jenž je částí polymerové výroby (výroba PET). Má čisticí účinky v oblasti čištění ocelí, plátů vyrobených z křemíku a čištění čipů. Můžeme také upozorovat jeho pesticidní užití. Xylenem se dají také ředit barvy, a dokonce je zároveň i součástí některých laků a barev. Z xylenů se také vyrábí slzné plyny. [12]

Opětovně lze zaznamenat, že xylen je nebezpečnou látkou pro lidské zdraví. To souvisí především s velkými xylenovými koncentracemi, při kterých dochází k utlumování CNS (centrální nervový systém). Tento útlum CNS může navodit bezvědomý stav. Další útlum organismu se odehrává v místech dýchacího ústrojí, a toto může vést z důvodu úbytku kyslíku až ke smrtelnému stavu. Kritickým je též možnost arytmie srdce. Oproti tomu nižší koncentrace xylenů představují také závažná ohrožení na lidské zdraví. Je zde ohrožena funkčnost ledvinového systému, svalstva (způsobuje nerovnováhu elektrolytů a tekutin). Může také docházet k nepříjemnému dráždění dýchacích cest a trávicího traktu. Dále dochází k jaternímu poškození. [12]

1.9. Hodnocení kapitoly a schéma chemické výroby v koksárenském provozu

Závěrem této kapitoly by mělo být zhodnocení zaměření první kapitoly. Mnoho lidí nemá ani ponětí, co práce v koksovně zastává. Pochopitelně, že ze samotného názvu koksovna, koksárenské zařízení, koksárenský provoz, atd..., vyplývá, že hlavním produktem je koks. Ten je samozřejmě produkován v různých velikostech. Ale samotný export koksu není tak lukrativní, jako chemické zpracování látek, které mají původ v plynu vznikajícím při koksování. Z podkapitol plyne, že tyto chemické látky a sloučeniny jsou hojně užívány v různých odvětvích průmyslu. V samostatné podstatě jsou tyto látky velmi nebezpečné, a to nejen svojí agresivitou v místech, kde se vyrábějí, ale i v oblastech těchto závodů, kde ovlivňují životní prostředí. Agresivitou v provozu je myšleno to, že pro zpracování a uchovávání musí být dodržovány přísné bezpečnostní podmínky, aby se zamezilo úniku těchto látek z provozních zařízení. Velmi důležitou roli zde zastávají i údržba a diagnostika, protože je velmi důležité znát stav zařízení a přístrojů, a to z důvodu, aby nevznikly již výše zmíněné ohrožení. Dalším problémem, na který poukazují, je pochopitelně část lidského zdraví, především počínaje samotnými pracovníky v oblastech chemického průmyslu, kteří jsou vystaveni těmto nebezpečným látkám (těkavá, hořlavá a dráždivá) a konče i ovlivňováním oblastí, ve kterých jsou tyto chemické závody vystavěny. Proto bylo hlavním cílem seznámit se s těmito látkami, jejich charakteristikami, chemickou stavbou, pochopitelně jejich užitím a v poslední řadě s jejich kritickými vlivy na životní prostředí.



Obrázek 32 Schéma chemické výroby v koksárenském provozu [29]

2. Mazání ucpávek čerpadla v OKK Koksovny

Tato kapitola se zaměřuje svým obsahem především na oblast mazání a chlazení maziva, kterého je k tomuto účelu užíváno. Bude zde seznámení se zařízením, které slouží k přívodu a odvodu maziva. K tomuto zařízení byly navrženy určitá vylepšení a ty mohou pomoci v usnadnění práce údržby a mohou vézt i ke zkvalitnění chlazení a mazání. Všechny tyto návrh budou ve formě úvah. Dále se dostaneme pochopitelně i k samotnému médiu, tedy chladicímu i mazacímu oleji.

2.1. Termosifon TS1016/A007

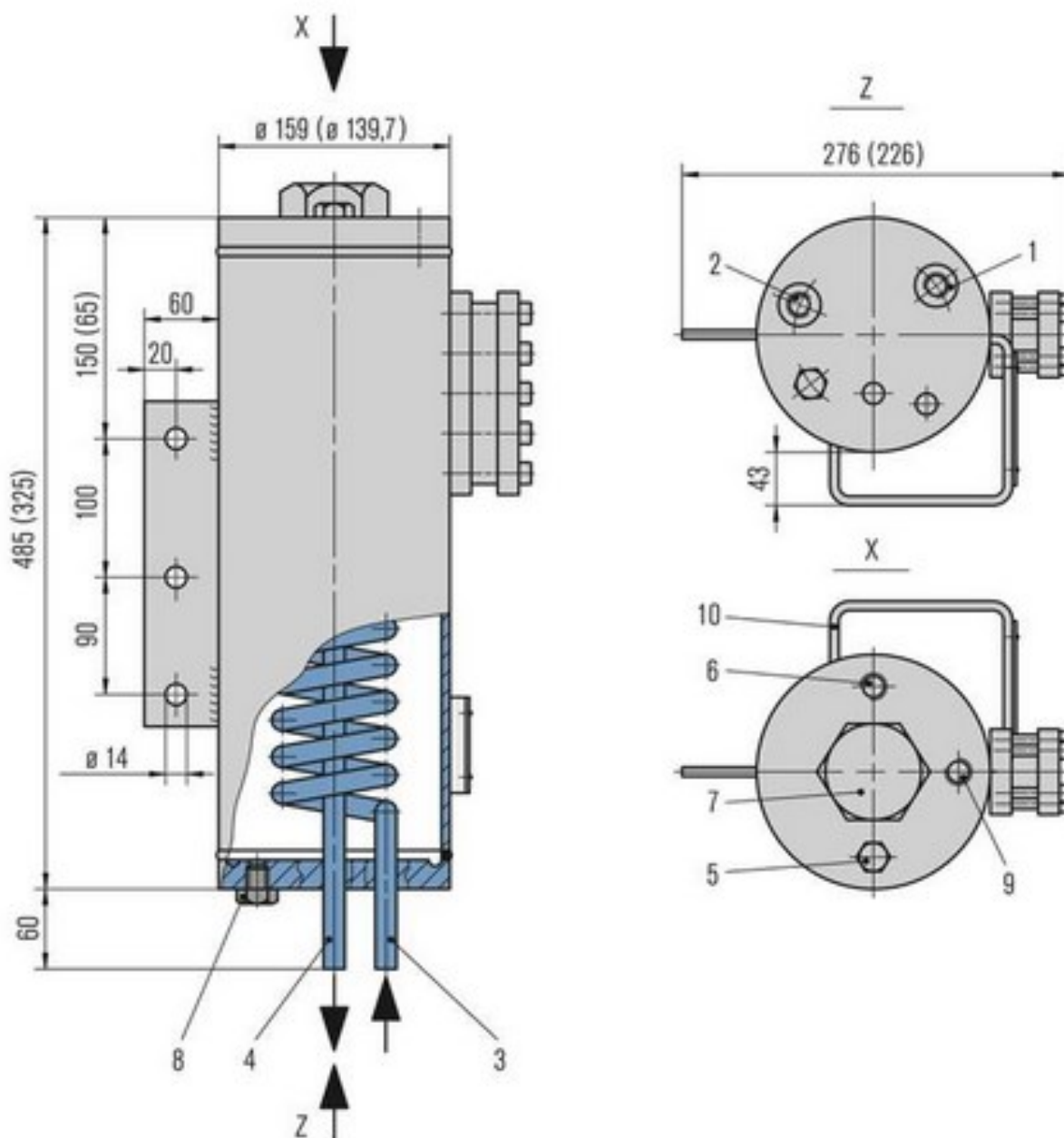
Jedná se o zařízení od firmy EagleBurgmann TS1016. Jeho hlavní funkcí je dodávat mazací kapalinu do místa, kde se nacházejí ucpávky (ucpávky dvojité nebo mechanicky-tandemové). Samotná termosifónová nádoba je k dostání ve dvou standardizovaných velikostech, má ploché konce a průhledné sklo, kde můžeme sledovat hladinu. Dva hlavní rozdíly jsou ty, že jeden typ se dodává s cívkou na chlazení a druhý bez chladicí cívky. Tyto termosifony je možno napojit na velkou škálu komponent systému, např. spínač na hladině, čerpadlo oběhové, čerpadlo na ruční doplňování nebo základní rám. [13]

Výhody [13]:

- a) Dvě standartní velikosti.
- b) Systém modulů, možnosti napojení velkého počtu přídavných zařízení.
- c) Užití materiály, nerezová ocel, sklo na bázi bóru a křemík.
- d) Připojení komponent na čelní stranu (spodní a horní).
- e) K dodání s chladicí cívkou nebo bez cívky na chlazení.
- f) Design, menší nárok na zabrání prostoru.

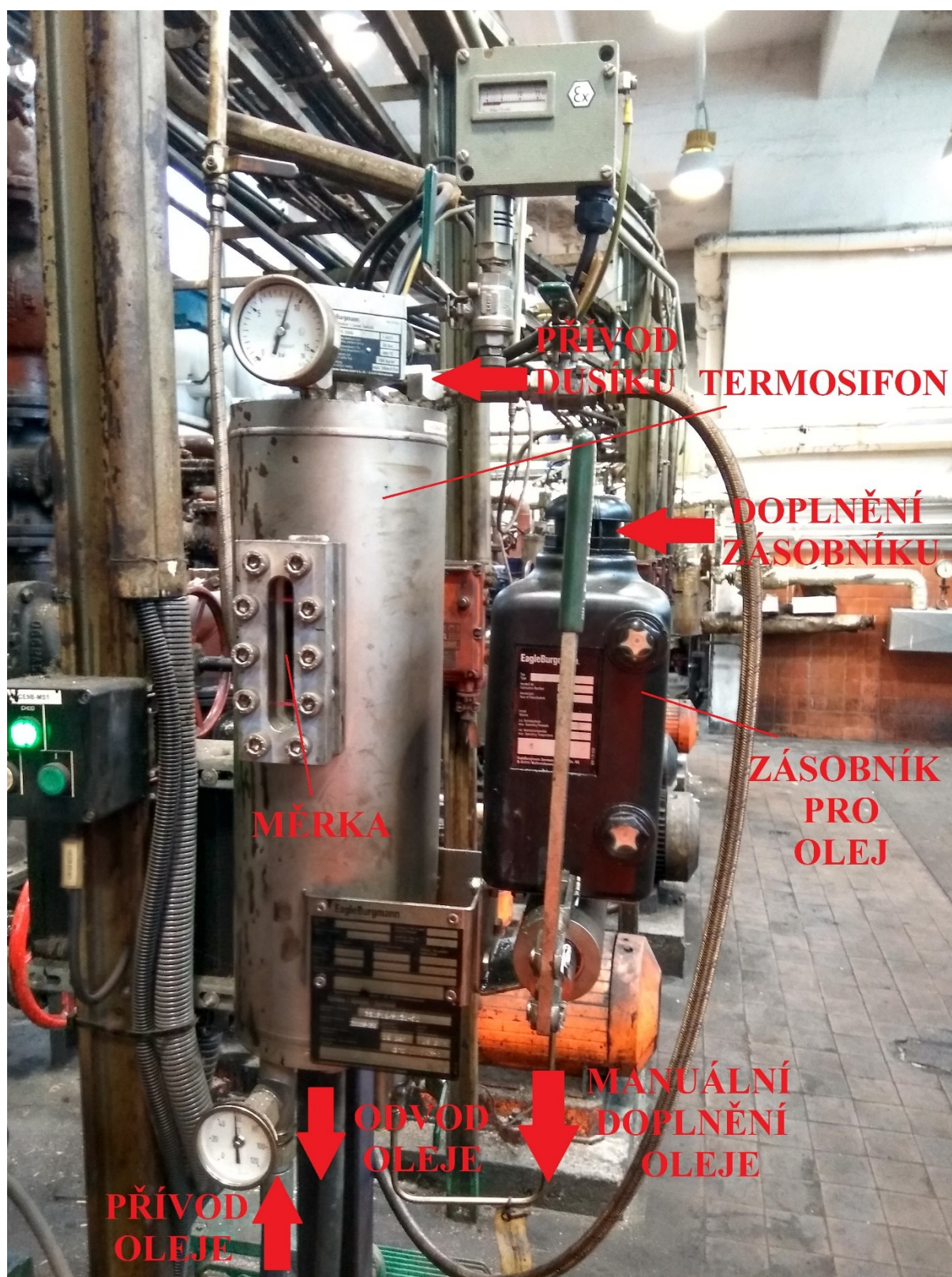
Oblasti, kde je možno využívat toto zařízení, jsou především průmysl zaměřený na petrochemii, na výrobu papíru, dále pak v potravinářském průmyslu a v odvětvích zpracování nápojů (lihovary, pivovary, atd.), a v oblastech práce s vodou, kde je kladen důraz na čistotu (odpadní vody). [13]

Podstatou funkce je udržování vyrovnání tlaků (5 – 6 bar) mezi médiem, které slouží k tlakování (vzduch nebo dusík) a olejem. V prostorách OKK Koksoven se využívá tlakování dusíkem. Mazací kapalina cirkuluje v nádobě díky termosifonového efektu. Zařízení je schopno bránit chodu nasucho. [13]

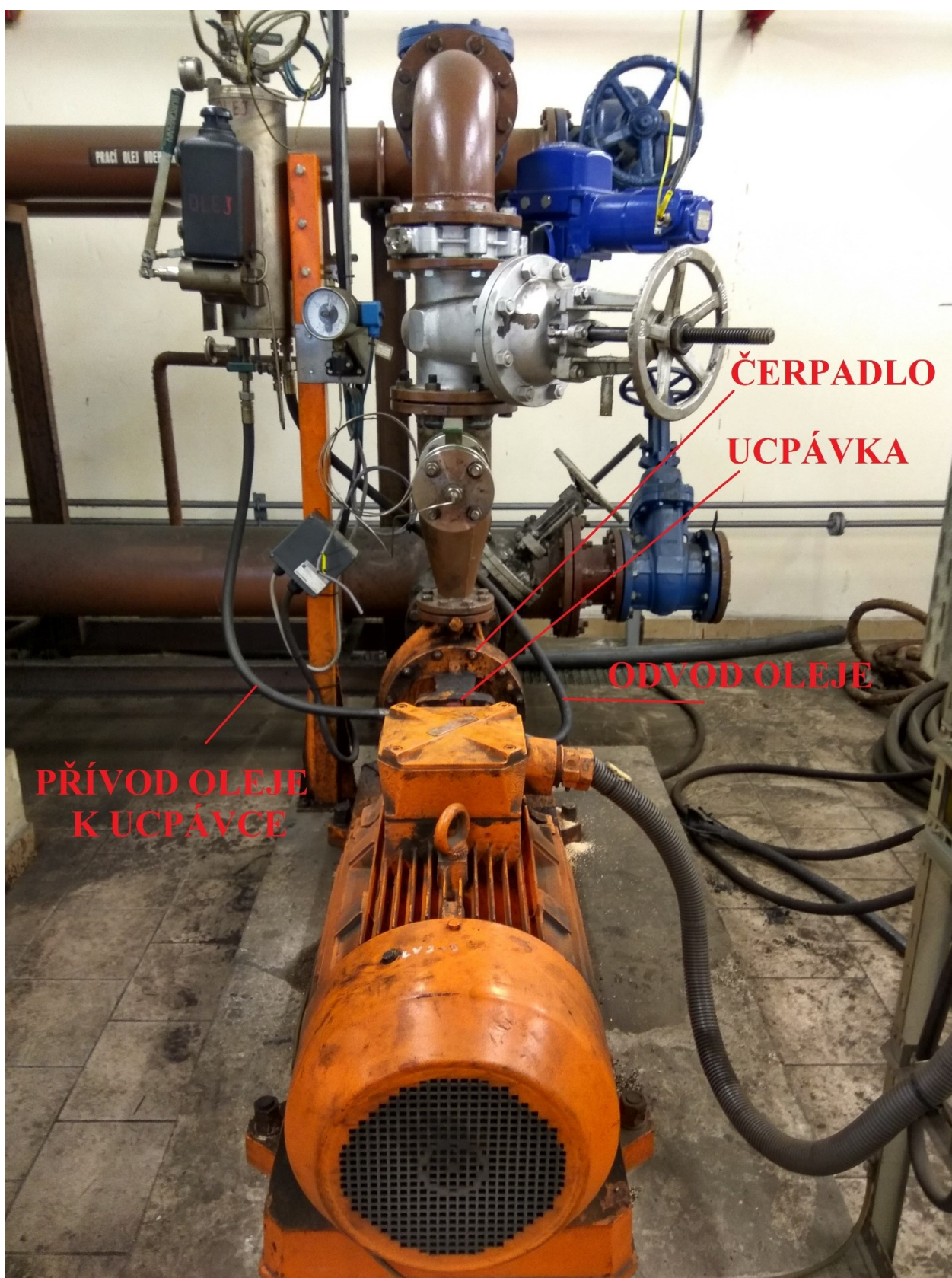


Obrázek 33 Technický náčrtek od výrobce [30]

(1) Vstup, G 1/2'', (2) Výstup, G 1/2'', (3) Mazací a chladicí kapalina vstup, trubka 12 x 1,5 mm, (4) Mazací a chladicí výstup, trubka 12 x 1,5 mm, (5) Plnicí spojení s víčkem G1/2'', (6) Připojení tlakového plynu 1/4'' NPT, (7) Připojení pro spínač na hladině G2'', (8) Napojení doplňovací jednotky G1/8'', (9) Napojení tlakoměru 1/4'' NPT, (10) Držák pro jednotku na doplňování. [13]



Obrázek 34 Znáznornění funkci na termosifonu (Benzolová stanice, 9B, OKK Koksovny)
[autor]



*Obrázek 35 Znáznornění chladicího systému (Velká strojovna, 19B, OKK koksovny)
[autor]*

Na obrázcích 33 a 34 jsou znázorněny chlazení čerpadlových soustav. V případě benzolové stanice je standartní chlazení termosifonem doplněno o chlazení přívodem vody z blízké řeky Ostravice. Důvodem je, že v prostorách benzolové stanice je teplota oleje nejvyšší v celém provozu.



Obrázek 37 Chlazení říční vodou na benzolové stanici OKK Koksovny [autor]



Obrázek 36 Stlačený dusík, OKK Koksovny [autor]

Tabulka 1 Hodnoty chladicího zařízení [13]

TYP ZAŘÍZENÍ	TS 1016/A007	
OBJEM NÁDRŽE [l]	8	
ZKUMAVKOVÝ OBJEM [l]	0,2	
PŘÍPUSTNÝ TLAK	16 bar (232 PSI)	
PŘÍPUSTNÁ TEPLOTA [°C]	-60	200
PRACOVNÍ OBJEM, max-min [l]	1,3	
CHLADÍCÍ KAPACITA-BEZ CHLADÍCÍ VODY [kW]	0,3	
CHLADÍCÍ KAPALINA-PŘIROZENÝ OBĚH [kW]	1,2	
CHLADÍCÍ KAPALINA-NUCENÝ OBĚH [Kw]	2,5	
KOVOVÝ MATERIÁL	1,4571 (ČSN 17 348)	
PRŮZOR	Borosilicát	
TĚSNĚNÍ	PTFE	

2.2. Vylepšení mazacího a chladicího systému

Návrhy pro vylepšení vychází především z prozkoumání zařízení na místě. V první řadě byl problém zjištěn při odebrání oleje. Konkrétně se tak stalo při měření 6.12. 2019, kdy byl odebrán olej na výstupu z ucpávky. V oleji bylo zjištěno zakalení kaly. Do oleje se kromě hrubých nečistot dostala i směs čerpané kapaliny z čerpadla. Více k rozboru oleje bude napsáno v praktické části diplomové práce. Z výrobní dokumentace termosifonu bylo zjištěno, že zařízení neobsahuje filtr, proto při zpětné cirkulaci docházelo ke kontaminaci oleje. Tím, že byl olej kontaminován, docházelo ke špatné funkci chlazení a mazání ucpávky, a to se podepisovalo na zvýšené teplotě na ucpávce a zároveň docházelo k samotnému poškození ucpávky čerpadlové soustavy.

- a) Proto bylo navrženo, aby při zpětné odeběrání oleje zpět do termosifonu byl umístěn kalový filtr, který by zachytil tyto nečistoty, jež vedou k degradaci oleje. Toto vylepšení by primárně udržovalo olej v lepším stavu a tím pádem by se zamezilo i většímu poškození ucpávek. V druhém případě užitku by se snížila spotřeba doplňovaného oleje.

Dalším návrhem bylo se zaměřit na oblast zásobníku oleje, ze kterého se případně doplňuje ručním pumpováním pomocí páky, když dojde k úbytku objemu oleje z nádoby termosifonu. Byly navrženy dvě alternativy využívající různá zařízení.

- b) První alternativa se uvažuje s tím, že do prostoru potrubí, přes které se doplňuje olej ze zásobníků do nádoby termosifonu, se umístí zakrytované malé čerpadlo s elektromotorem, a to bude nahrazovat ruční páku s hydraulickým válcem. Tím se ušetří čas pracovníků údržby, aby obíhali všechny stanoviště, kde by kontrolovali a ručně doplňovali chybějící olej. Za čerpadlem by byl ještě umístěn jednosměrný

zpětný ventil, který by zamezoval zpětným rázům do čerpadla. Do oblasti termosifonové nádoby by se pak umístilo nejlépe čidlo (lze použít i složitější laser), které by snímalo hladinu a posílalo informaci do čerpadla s elektromotorem a tím pádem by se samočinně spouštělo doplňování.

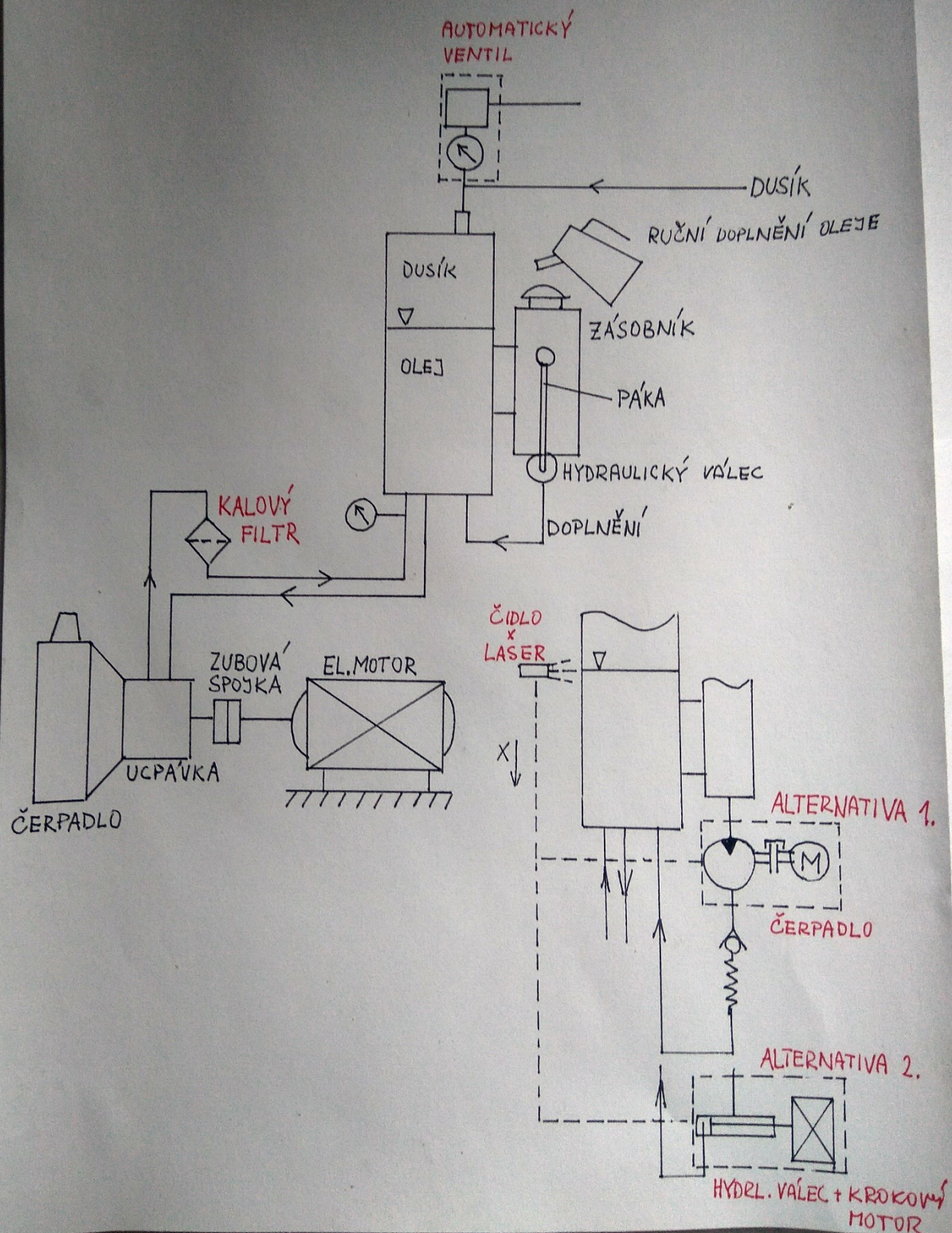
- c) Druhou uvažovanou verzí by bylo to, že doplňovací čerpadlo by bylo nahrazeno hydraulickým pístkem napojeným na krokový motor a ten by opětovně na informaci z čidla, či laseru, podával určité dávky pro doplnění.

Dle ekonomické podstaty a druhu provozu by byla lepší variantou pro doplňování varianta jedna, kde je užito soustavy čidlo + čerpadlo + elektromotor. K nápadu tohoto využití vedlo užívání malých čerpadel pro doplňování v automobilech.

Také byla potřeba uvažovat nad automatickým tlakováním dusíku, aby nedocházelo k příliš velkým změnám v rozdílu tlaku mezi dusíkem a olejem (5 bar). Opět se jedná o ztrátu času, kdy obsluha opět musí obcházet stanoviště a kontrolovat stav tlaku a případně doplnit tlak dusíku.

- d) Proto by bylo vhodné využít zařízení tlakového ventilu, který je automatizovaný. V dnešní době existuje velká řada těchto ventilů. Ty se dají napojit na automatické doplňování tlaku v lepším případě bezdrátově nebo v druhém případě napojeným kabelem.

Vzhledem k tomu, že se olej do zásobníků doplňuje ručním způsobem dolítí, tak padaly i úvahy o celkové automatizaci mazání ucpávek. Ale tento způsob by byl ve většině případů neproveditelný v prostorech těchto stanic a byl by extrémně nákladný.



Obrázek 38 Vlastní ruční náčrt vylepšení mazací oblasti [autor]

2.3. Olej – Finavestan A 80B

Tento olej je užíván pro mazání ucpávek čerpadel v prostorách OKK Koksovny. Jeho výrobcem je firma Total. Jedná se o olej bílého zbarvení, který je znám pro svojí vysokou čistotu, a proto je také schvalován pro užití v potravinářství, kde může docházet k nepřímému kontaktu s potravinami. Neobsahuje prvky síry a uhlovodíků s aromatickou vlastností, dále pak je bezbarvý a neobsahuje žádné aroma. Jelikož výroba těchto bílých olejů, kdy dochází k jejich rafinaci, obsahuje proces hydrogenačního typu při vysokých tlacích, tak je možno používat oleje FINAVESTAN i v oblastech farmaceutického průmyslu. Dle platných legislativ se v oblastech farmacie může využívat i při přímém kontaktu s potravinami. [14]

Specifikace [14]:

- Olejový typ: olej bílé barvy.
- Používání oleje: olej vysoké čistoty, průmysl farmaceutický, kosmetický, potravinářský, ale i při procesech výroby plastů.
- Při 40 °C je viskozita 15 mm²/s.
- Teplota, při které dochází k tuhnutí, je -9 °C.
- Údržba okolo oleje je pochopitelně závislá na výrobcích zařízení a jejich doporučeních. Proto je nutné dodržovat pokynů z manuálů neboli ze servisních knížek.
- Skladovací doba je 5 let, ta je v prostorách OKK Koksovny dodržována. A teplota skladování se pohybuje v rozmezích od 5 °C do 25 °C a zde podle mého názoru nejsou podmínky skladovatelnosti splněny. A vycházím z toho, že jsem osobně viděl skladovací prostor pro tento olej.

Olej je dodáván pro firmu OKK Koksovny v 200 litrových barelech, jejich cena bez DPH se pohybuje kolem 12 000 až 15 000 Kč. Olej je ze sudů doplňován do kovových domazávacích konvic pomocí ruční pumpy. Pro urychlení čerpání bych doporučoval pořídit sudové čerpadlo, aby se tak urychlila práce údržby.



*Obrázek 41 Neotevřený sud ve skladu
OKK Koksovny [autor]*



*Obrázek 40 Naražený sud ve skladu
OKK Koksovny [autor]*



Obrázek 39 Pohled na zkumavku čistého vzorku oleje [autor]

3. Diagnostické měření na čerpadlových soustavách v OKK Koksozny a.s.

Jedná se o praktickou část diplomové práce. Měření bylo prováděno v prostorách firmy OKK Koksozny a.s., která sídlí v Ostravě. Konkrétně bylo použito vibrodiagnostické měření pro zjištění rychlosti a zrychlení vibrací. Termodiagnostické měření mělo za úkol zjistit zvýšené teploty na čerpadlových soustavách. A nově bylo také použito měření a rozbor provozního oleje u jedné čerpadlové soustavy. Jak už je zmíněno, tak předmětem těchto měření je soustava elektromotor + spojka + ucpávka + čerpadlo. Měření byla prováděna v datech 15.3. 2019, 6.12. 2019 a 6.3. 2020. Čerpadlové soustavy byly měřeny přímo v provozu na místech předčističové stanice čpavkové vody, stanice čerpání čpavkové vody, malé strojovny, velké strojovny a benzolové stanice.

3.1. Použité měřicí zařízení

3.1.1. ADASH VA4PRO

Při vibračním měření byl použit přístroj, který zaznamenává vibrace od firmy ADASH a.s. Daný typ tohoto zařízení je ADASH VA4PRO. V podstatě se jedná o analyzátorové zařízení. Jeho výhodou je přenosnost. Pracuje na technologii, která se opírá o tzv. DSP – Digital Signal Processing. Na místě byl tedy použit samotný analyzátor a na něj byly napojeny tři čidla, který se upínají na měřenou součást pomocí magnetu. [15]



Obrázek 42 Vibrační analyzátor ADASH VA4PRO [31]

3.1.2. FLUKE TI 35

Snímky pro termografické účely byly pořizovány termovizním zařízením od firmy FLUKE. Konkrétní typ termokamery je FLUKE TI 35. Tato kamera má detektor, který je velmi citlivý. Stupeň citlivosti této termokamery je 0,1 °C. Termovizní zařízení je velmi flexibilní a je možno jej použít přímo v provozech ke snímání provozních teplot.

Aby nedocházelo ve vyhodnocovací části k nepřehlednosti, tak u jednotlivých čerpadel bude vždy umístěn termovizní snímek elektromotoru a čerpadlové ucpávky z posledního měření. Bude-li zjištěn problém s teplotami v předešlých měřeních, pak budou tyto dva snímky doplněny dalším snímkem z daného měření, který bude prokazovat zvýšené teploty, které by mohly ohrožovat chod zařízení.



*Obrázek 44 Termokamera FLUKE TI35
[autor]*



*Obrázek 43 Termokamera FLUKE TI35
[autor]*

3.1.3. Zařízení FTIR

Jedná se o zařízení typu Nicolet Impact 410 spektroskop. Je zařízení, které využívá spektroskopii infračerveného záření s transformací dle Fouriera. Zkratkou FTIR je myšlený název z anglického jazyka, a to Fourier transform infrared (FTIR). Tato metoda vychází z principu absorpce záření infračervených paprsků, které procházejí daným měřeným vzorkem. Při tomto jevu ve vzorku docházejí změny na principech energeticky-vibračních stavů molekul a ty pak v závislosti při proměnách molekul a jejich dipólových momentů. Výsledkem této metody je IR spektrum, které je závislou funkcí energie, ta je většinou znázorňována v transmittančních procentech nebo absorbančních jednotkách. To vše se odvíjí od dopadu záření a jeho vlnové délky. [16] [33]



Obrázek 45 Zařízení FTIR [autor]

3.2. Hodnocení měření vibrací.

V úvodu je důležité zmínit, že měření vibrací a jeho vyhodnocení bylo provedeno dle platné normy ČSN ISO 10 816 – 3. Na čerpadlových sestavách bylo přímo v provozu měřeno za pomoci analyzátoru od firmy ADASH. Při vyhodnocení jsou sledovány dvě veličiny. První z těchto veličin je rychlost vibrací a její efektivní hodnota, značená v_{RMS} [mm/s]. A druhou veličinou, která byla sledována u měření vibrací, je vibrační zrychlení a jeho efektivní hodnota, značená a_{RMS} [g]. Hodnoty, ze kterých se určují výsledky dle norem, budou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 2 Doporučené hodnoty efektivní rychlosti vibrací dle ČSN ISO 10 816-3 v pásmu 10-1000 Hz [17]

Rozhraní pásem	A/B	B/C	C/D
Efektivní hodnota vibrační rychlosti [mm/s]	2,3	4,6	7,1

Tabulka 3 Doporučené hodnoty efektivního zrychlení vibrací v pásmu 500-25000 Hz (doporučeno vedoucím práce)

Rozhraní pásem	A/B	B/C	C/D
Efektivní hodnota vibračního zrychlení [g]	0,5	2	4

Dle těchto hodnot budou vyhodnocovány strojní zařízení (v našem případě čerpadlové soustavy) a budou zařazeny v hodnotící části do příslušných pásem. Pro tyto pásma budou stanoveny rozmezí:

- Pro efektivní rychlost vibrací platí: do 2,3 mm/s **PÁSMO A**, 2,3 mm/s – 4,6 mm/s **PÁSMO B**, 4,6 mm/s – 7,1 mm/s **PÁSMO C**, 7,1 mm/s a více **PÁSMO D**.
- Pro efektivní zrychlení vibrací platí: do 0,5 g **PÁSMO A**, 0,5 g – 2 g **PÁSMO B**, 2 g – 4 g **PÁSMO C**, 4 g a více **PÁSMO D**.

Jak je patrné z barevného označení, jedná se o semaforový efekt, dle barev: **zelená – v pořádku**, **žlutá – pozor, něco je špatně** a **červená – poruchový stav**.

PÁSMO A: Toto pásmo reprezentuje nízké vibrace a měli by se v něm nacházet stroje a zařízení, které jsou buď v provozu nové, anebo nezaznamenávají poškození vlivem vibrací.

PÁSMO B: Toto pásmo ještě stále vykazuje strojní zařízení, která jsou v pořádku. Jsou v chodu sice delší dobu, ale je o ně zajištěná péče vlivem údržby a stále u nich sledujeme dobrý provozní stav.

PÁSMO C: Když dojde k vyhodnocení pásmem C, pak strojní zařízení vykazují stav neuspokojivý pro provoz dlouhodobější až trvalý. Jedná se především o to, že tyto zařízení je možno provozovat do doby, než jsme schopni nahradit část, kde je zjištěné poškození, nebo v některých případech i nahradit celé zařízení. Lze je provozovat, ale při neřešení problémových situací se mohou závady rozšířit a vše tak může vést až k havarijnímu stavu. V tomto stavu se nejlépe dá predikovat následné poškození a tím pádem se můžeme vyhnout stavu zvanému prostoje, a eliminovat tak výpadky ve výrobě.

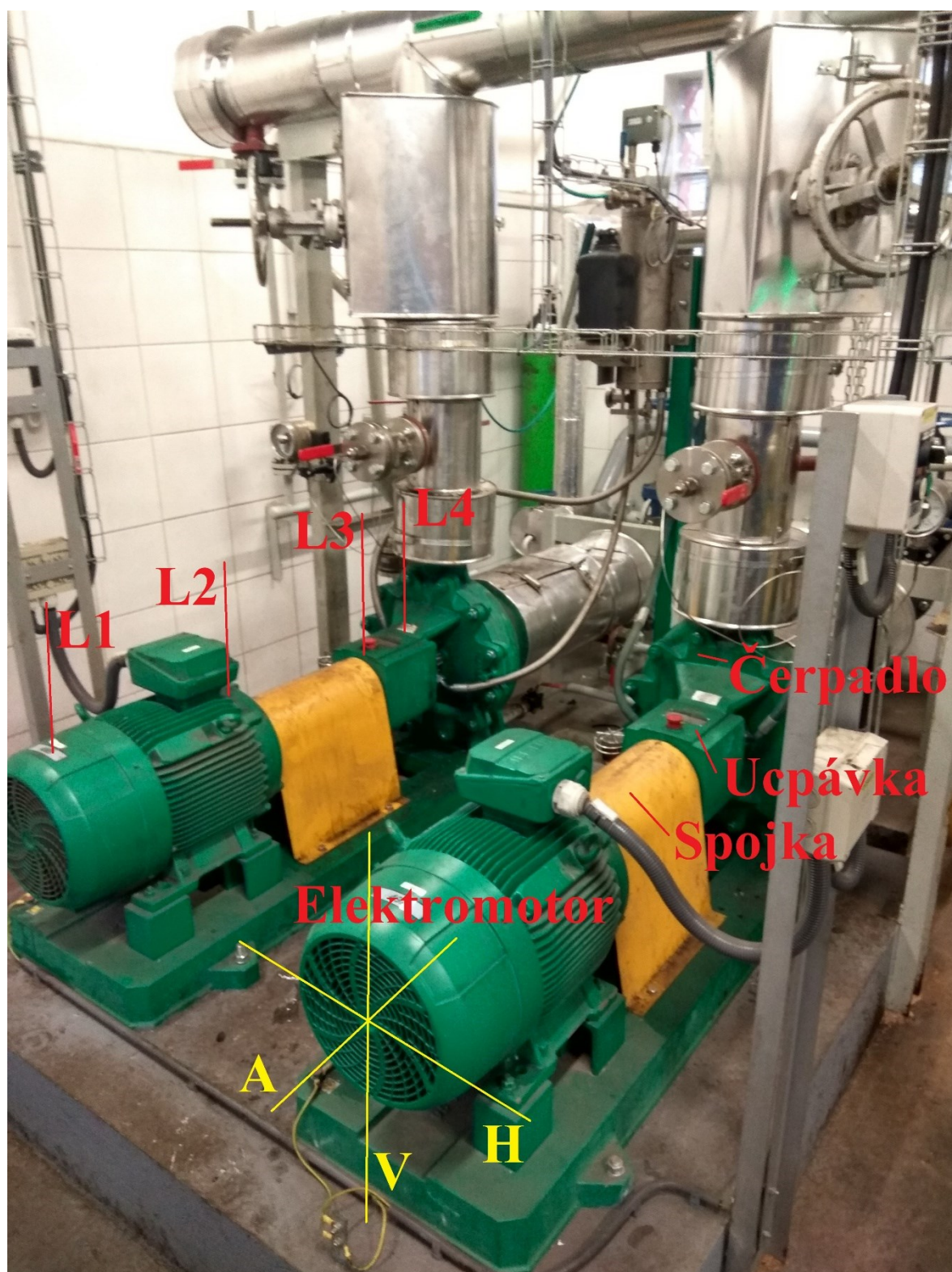
PÁSMO D: Při zjištění a následném vyhodnocení strojního zařízení v tomto pásmu vede k závěrům, že dané strojní zařízení pracuje v kritických podmínkách, které následně povedou s největší pravděpodobností k havárii a mohou také způsobit rozsáhlá poškození celků výrobního procesu. Fatální havárie těchto zařízení může také narušovat ostře sledované podmínky pracovní bezpečnosti. Urychleně by se mělo pracovat na změně stavu poškozených zařízení, např. okamžitým odstavením nebo náhradou části, či celku. Nejhorší vzniklé situace při haváriích mohou vést od lehkých až po fatální poranění obsluhy stroje nebo pracovníků spojených s fungováním daných zařízení.

Mimo tyto pásma bude v závěru u každého měřeného strojního zařízení (čerpadlové soustavy) uveden závěrečný stav. Ten bude celkově reprezentovat fungování a stav zařízení a také bude vycházet z pásmového rozřazení.

Tabulka 4 Označení stavů

STAV		
VYHOVUJÍCÍ	ZHORŠENÝ	NEPŘIJATELNÝ

3.3. Místa a směry měření vibrací



Obrázek 46 Měřicí místa, směry a části čerpadlové sestavy OKK Koksovný [autor]

Pro měření vibrací byly určeny čtyři měřicí místa, a to měřicí místo L1, L2, L3 a L4. Měřicí místa L1 a L2 jsou umístěna na elektromotoru, L3 je v prostoru za spojkou a L4 před čerpadlem. U některých čerpadlových soustav nebudou provedeny měření v místech L1 a L2, a to z důvodu hliníkového krytu. Dále je důležité zmínit, že měření se provádělo v každém měřicím místě ve třech směrech, a to V – vertikální, H – horizontální a A – axiální.

3.4. Hodnocení měření termografie

Jak už bylo výše zmíněno, tak termovizní snímky byly pořízeny termokamerou TI35 od firmy FLUKE. Snímky pak byly zpracovány pomocí počítačového programu SmartView 3.14.. Bude vždy u měření umístěn snímek elektromotoru a čerpadlové ucpávky. V programu SmartView 3.14. bylo nutné nastavit emisivitu. Ta byla zvolena z rozmezí 0,9 – 0,95, a to 0,93. Dále pak byla zvolena teplota okolí na 23 °C. Posledním voleným údajem byl přenos, která byl zvolen na 99 %. [33]

4. Výsledky měření čerpadlových soustav

V této praktické části budou postupně uváděny výsledky z měření na jednotlivých stanovištích. Prvotně budou popsány čerpadlové soustavy, pak odstředivé zařízení a nakonec výsledky tribodiagnostického měření.

Tabulka 5 Celkový přehled výsledků měření.

PRACOVNÍ PROSTOR	Z S.	15.03.2019	06.12.2019	06.03.2020
Předčišťovací stanice	41B	-	X	X
	48B	X	-	-
	49A	-	X	X
	49B	X	-	-
	50A	X	X	X
Benzolová absorpce-malá strojovna	24B	X	X	X
Benzolová absorpce-velká strojovna	6B	X	X	X
	7A	X	-	-
	7B	-	X	X
	8B	X	X	X
	19A	X	-	-
	19B	-	X	X
Benzolová stanice	6B	X	X	X
	7A	X	-	-
	7C	-	X	X
	9A	X	-	-
	9B	-	X	X
Čpavková voda-absorpce	09a	X	-	-
	10 KB	-	-	X
Provozní roztok STRETFORD	101 A	X	X	X
Sirný koncentrát-odsiření (ODSTŘEDIVKA)	ODSTŘ.	-	X	-
Z S. - Značka soustava, ODSTŘ. - Odstředivka				

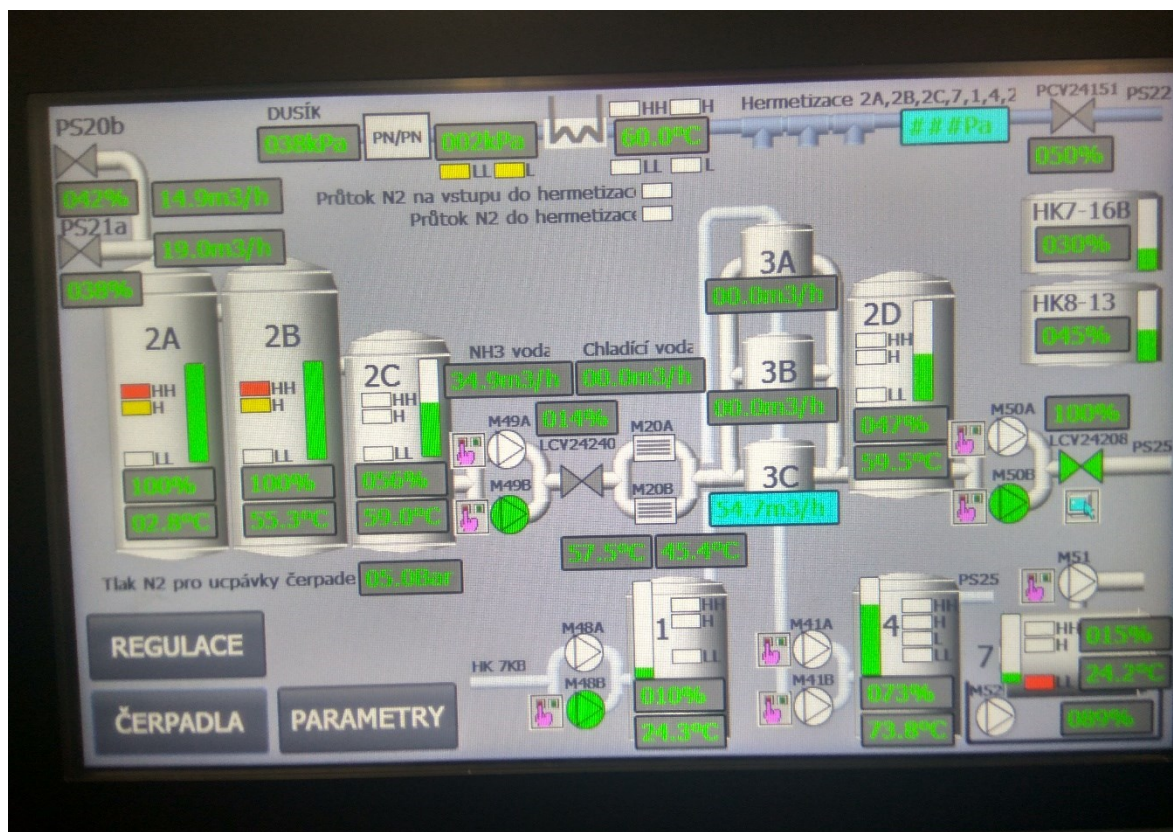
Strukturování výsledků bude následovné. V první řadě bude uvedeno místo hlavní strojovny, kde bude krátký popis a obrázek, jak strojovna vypadá. Pak budou ve formě podkapitol uvedeny jednotlivá čerpací zařízení, která náleží dané strojovně (stanici). Zde budou uvedeny tabulky z měření, následované termografickými snímky a závěrem bude uveden konečný stav čerpadlové soustavy. V případě problémů vyhodnocených měření budou doplněny obrázky spekter poukazující na problematiku zařízení.

4.1. Předčišťovací stanice

Předčišťovací stanice slouží k čerpání čpavkové vody na předčištění v pískových filtrech. Tato stanice je poměrně nová a vykazuje to i stav čerpadel nacházejících se v prostorách této strojovny. Přímo na strojovně je i informační obrazovka ukazující vizualizaci stavů čerpané tekutiny a ostatních zařízení. Poměrně častým problémem je kavitace v prostoru čerpadla, která je patrná při poslechu na místě. Ale do kvality měření se tento stav ještě neprojevuje.



Obrázek 47 Předčišťovací stanice [autor]



Obrázek 48 Obrazovka s vizualizací na předčišťovací stanici [autor]

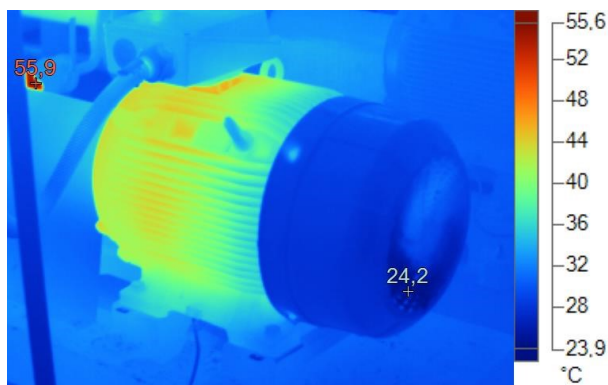
4.1.1. Čerpadlo 41 B

Tabulka 6 Výsledky 6.12.2019

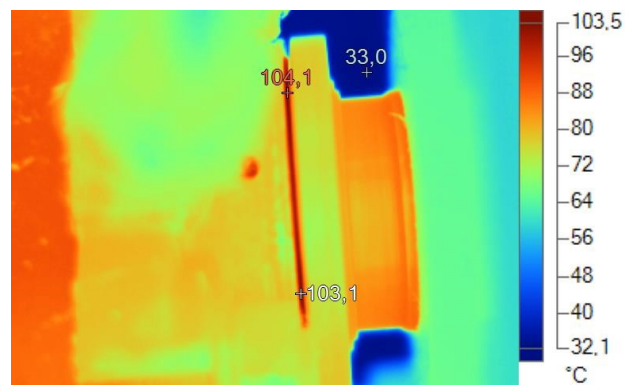
Předčišťovací stanice			41 B			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,607	0,941	1,32	2,45
		H	1,09	0,776	3,64	2,91
		A	1,31	1,11	2,01	1,64
	Zrychlení [g]	V	0,211	0,29	0,395	0,521
		H	0,265	0,343	0,639	1,1
		A	0,679	0,243	1,31	1,56
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 7 Výsledky 6.3.2020

Předčišťovací stanice			41 B			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,864	1,11	4,04	3,39
		H	1,21	0,882	3,2	2,42
		A	0,761	0,694	1,19	1,45
	Zrychlení [g]	V	0,081	0,06	0,472	0,3
		H	0,276	0,274	0,419	0,627
		A	0,076	0,02	0,484	0,164
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍVÍ			



Obrázek 50 Elektromotor 41 B [autor]



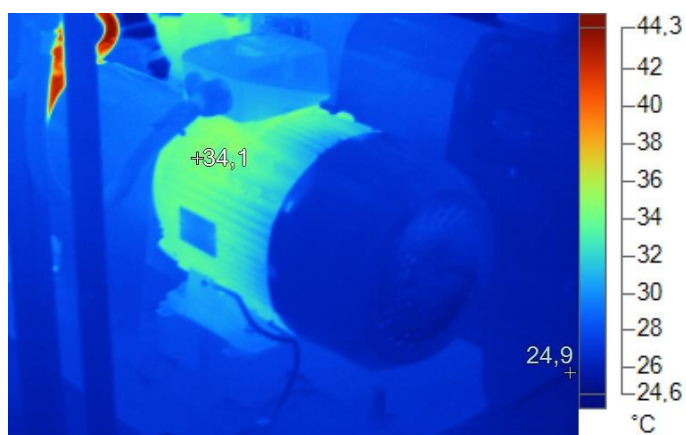
Obrázek 49 Ucpávka 41 B [autor]

V případě čerpadlové soustavy 41 B lze pozorovat, že hlavně při měření 6.3.2020 můžeme pozorovat zvýšené hodnoty v místech L3 a L4, a to při vertikálním a horizontálním směru. Jedná se o hodnoty rychlosti vibrací. Při místním ohledání byly patné zvukové projevy kavitace v oblasti čerpadla, kde docházelo k jasnému praskavému zvuku. Elektromotor této soustavy je od firmy SIEMENS. Z termografických snímků nejsou patrné zvýšené hodnoty. Hodnoty rychlosti vibrací se pohybují v PÁSMU A a PÁSMU B. Při zrychlení vibrací se hodnoty převážně pohybují v PÁSMU A., proto lze tvrdit že stav soustavy 41 B je **VYHOVUJÍCÍ**.

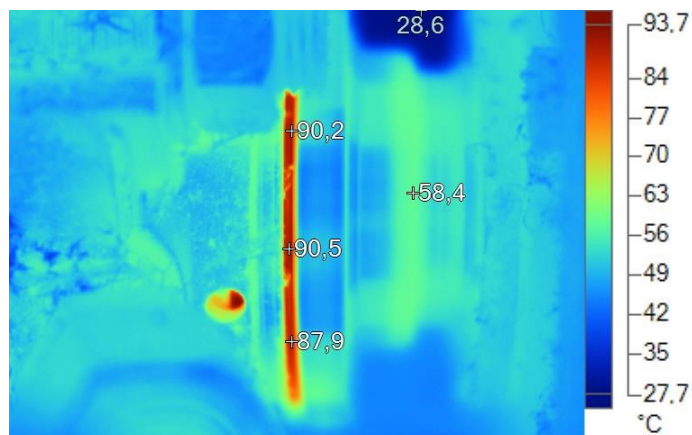
4.1.2. Čerpadlo 48 B

Tabulka 8 Výsledky 15.3.2019

Předčišťovací stanice			48 B			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	-	-	1,61	1,18
		H	-	-	0,69	0,965
		A	-	-	0,344	1,04
	Zrychlení [g]	V	-	-	0,251	0,216
		H	-	-	0,158	0,153
		A	-	-	0,17	0,269
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 51 Elektromotor 48 B [autor]



Obrázek 52 Ucpávka 48 B [autor]

Při tomto měření nešlo měřit hodnoty v místech L1 a L2 z důvodu hliníkového krytu. Elektromotor je od firmy SIEMENS. Toto zařízení má všechny hodnoty v PÁSMU A. Na termografických snímcích není patrné žádné zvyšování teploty. Toto zařízení je vzhledem k hodnotám ve stavu **VYHOVUJÍCÍM**.

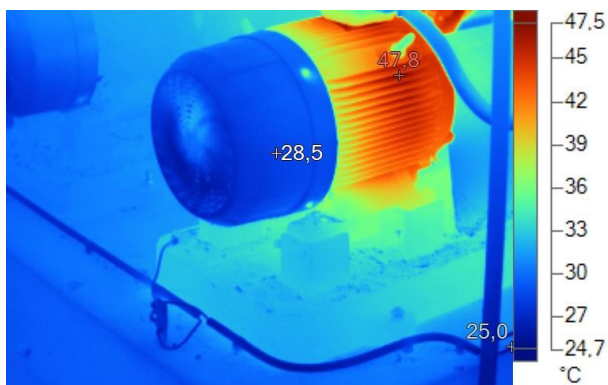
4.1.3. Čerpadlo 49 A

Tabulka 9 Výsledky 6.12.2019

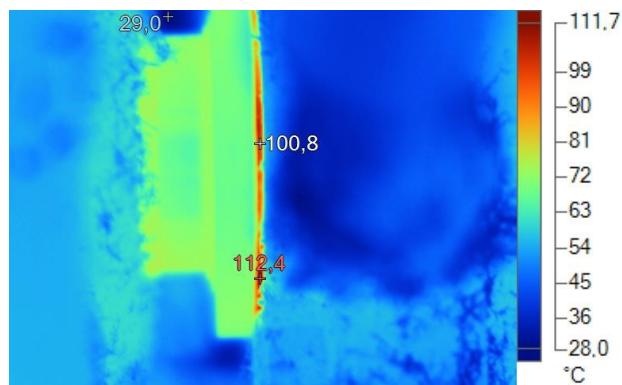
Předčišťovací stanice			49 A			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,715	0,622	1,46	1,45
		H	0,677	0,535	1,6	1,22
		A	0,716	0,961	0,969	1,07
	Zrychlení [g]	V	0,146	0,254	0,334	0,377
		H	0,133	0,233	0,718	0,574
		A	0,413	0,172	0,766	0,91
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 10 Výsledky 6.3.2020

Předčišťovací stanice			49 A			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,6	0,679	1,31	1,23
		H	0,772	0,596	1,98	1,51
		A	0,774	1,23	0,853	1,03
	Zrychlení [g]	V	0,148	0,071	0,338	0,205
		H	0,192	0,261	0,902	0,878
		A	0,084	0,037	0,995	0,45
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 54 Elektromotor 49 A [autor]



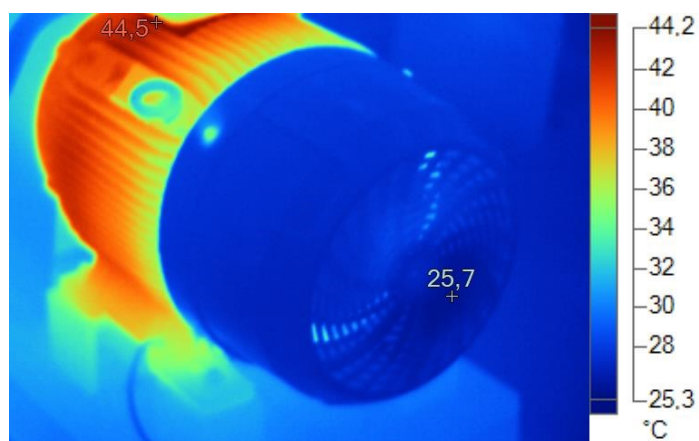
Obrázek 53 Ucpávka 49 A [autor]

Elektromotor této soustavy je od firmy SIEMENS. Většina hodnot se pohybuje v PÁSMU A, pouze v nepatrných přechodech u zrychlení vibrací přechází hodnoty do PÁSMU B. Opětovně je zde při místním ohledání patrný zvuk praskání bublin v oblasti čerpadla, tudíž zde dochází ke kavitačnímu jevu. Z termosnímků nejsou patrné problémy spojené s vysokou teplotou. Proto je stav toho zařízení **VYHOVUJÍCÍ**.

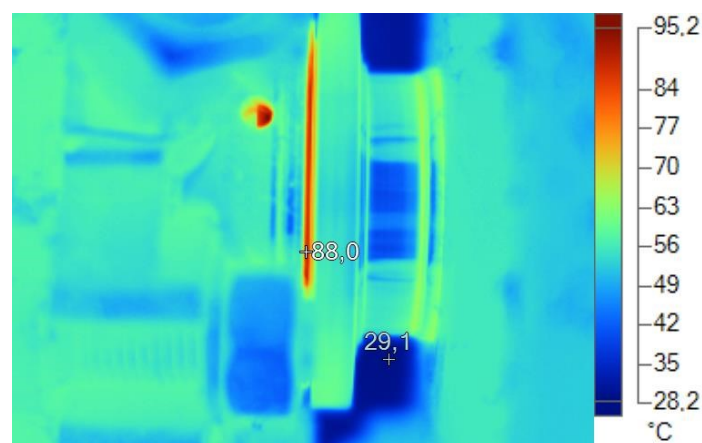
4.1.4. Čerpadlo 49 B

Tabulka 11 Výsledky 15.3.2019

Předčišťovací stanice			49 B			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,372	0,534	0,841	0,72
		H	0,623	0,441	0,797	0,591
		A	0,504	1,1	0,701	0,599
	Zrychlení [g]	V	0,13	0,147	0,501	0,458
		H	0,129	0,149	0,376	0,352
		A	0,367	0,102	0,534	0,532
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 55 Elektromotor 49 B [autor]



Obrázek 56 Ucpávka 49 B [autor]

Tuto sestavu pohání motor od firmy SIEMENS. U této čerpadlové soustavy se nachází výsledné hodnoty v PÁSMU A. Opětovně, jako u předchozích sestav, se zde dá poslouchat na místě jev kavitační. Z termosnímku nejsou patrné zvýšené hodnoty teplot. Tato soustava je **VYHOVUJÍCÍM** stavu.

4.1.5. Čerpadlo 50 A

Tabulka 12 Výsledky 15.3.2019

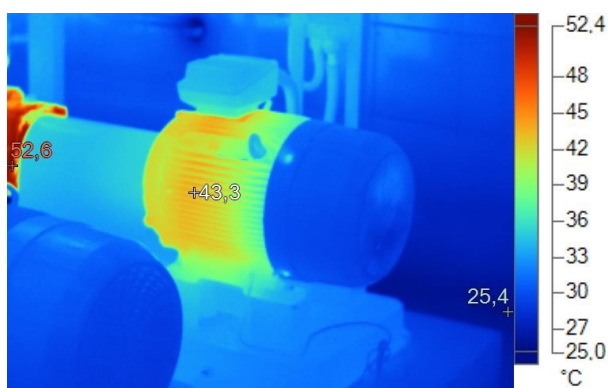
Předčišťovací stanice			50 A			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,479	0,646	1,53	1,49
		H	0,89	0,768	1,49	1,34
		A	0,497	0,818	3,18	0,918
	Zrychlení [g]	V	0,129	0,124	0,367	0,48
		H	0,083	0,093	0,174	0,157
		A	0,171	0,099	0,218	0,48
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 13 Výsledky 6.12.2019

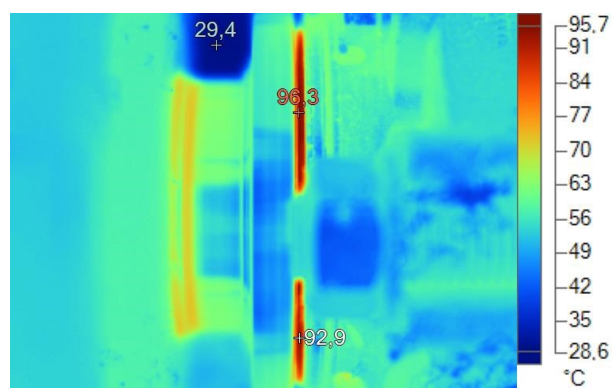
Předčišťovací stanice			50 A			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,54	1,7	1,47	1,43
		H	0,873	0,678	1,35	1,4
		A	0,646	1,22	0,974	0,936
	Zrychlení [g]	V	0,107	0,065	0,403	0,409
		H	0,15	0,084	0,341	0,225
		A	0,318	0,097	0,461	0,533
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 14 Výsledky 6.3.2020

Předčišťovací stanice			50 A			
18,5 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřící místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,954	1,33	1,17	1,24
		H	0,786	0,708	1,62	1,42
		A	0,632	0,929	0,941	0,781
	Zrychlení [g]	V	0,091	0,036	0,167	0,177
		H	0,113	0,08	0,288	0,206
		A	0,026	0,019	0,174	0,091
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 57 Elektromotor 50 A [autor]



Obrázek 58 Ucpávka 50 A [autor]

Motor této soustavy je od firmy SIEMENS. Při všech třech měřeních je patrné, že hodnoty rychlosti vibrací se, kromě pár případů, nachází v PÁSMU A. Minimální počet hodnot se pak dostává do PÁSMU B. Při místním ohledání opět bylo možno slyšet projevy kavitace praskáním bublinek v prostoru čerpadla. Na termosnímčích nejsou patrné změny v teplotách. Soustava 50 A je tímto ve **VYHOVUJÍCÍM** stavu.

4.2. Benzolová absorpce-malá strojovna



Obrázek 60 Venkovní pohled na malou strojovnu [autor]



Obrázek 59 Malá strojovna [autor]

Tato strojovna je zaměřená na čerpání benzolu při jeho absorpci. V prostorách nad touto strojovnou jsou zařízení, ve kterých dochází k extrakci naftalenu z benzolu. Prostor malé strojovny je silně znečištěn prachem a hrubými nečistotami. Je zde také přítomná vysoká vlhkost, která podporuje korozi.

4.2.1. Čerpadlo 24 B

Tabulka 15 Výsledky 15.3.2019

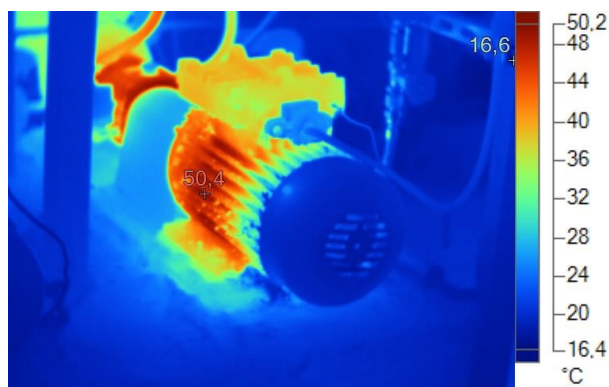
Benzolová absorpce-malá strojovna			24 B			
4 kW			2870 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,573	0,564	0,664	0,769
		H	0,56	0,545	0,675	0,396
		A	0,498	0,667	0,427	0,715
	Zrychlení [g]	V	0,278	0,384	0,509	0,364
		H	0,154	0,431	0,785	0,252
		A	0,269	0,312	0,403	0,39
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 16 Výsledky 6.12.2019

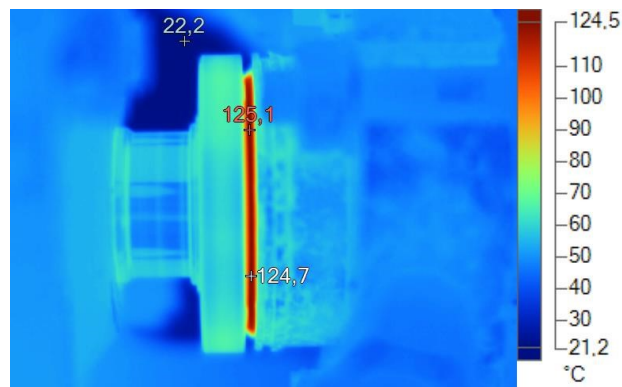
Benzolová absorpce - malá strojovna			24 B			
4 kW			2870 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,924	0,156	1,14	1,95
		H	0,492	0,162	1,27	0,593
		A	0,099	0,39	0,9	1,55
	Zrychlení [g]	V	0,234	0,126	0,613	0,5
		H	0,208	0,156	0,651	0,624
		A	0,224	0,216	0,511	0,483
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 17 Výsledky 6.3.2020

Benzolová absorpce-malá strojovna			24 B			
4 kW			2870 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	3,94	1,65	1,64	1,74
		H	1,95	1,21	3,45	1,77
		A	0,636	2,93	1,13	1,35
	Zrychlení [g]	V	0,117	0,214	0,317	0,315
		H	0,135	0,295	0,567	0,401
		A	0,024	0,01	0,175	0,067
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 61 Elektromotor 24 B [autor]



Obrázek 62 Ucpávka 24 B [autor]

Elektromotorem této sestavy byl vyroben ve firmě MEZ Frenštát. Jedná se o poměrně malé čerpadlo a elektromotor. Jak můžeme pozorovat, tak hodnoty se pohybují mezi PÁSMY A a B. V oblasti elektromotoru bylo na místě možno slyšet lehké zadírání. Na termosnímku ucpávky čerpadla jde vidět, že teplota ucpávky je mírně vyšší. Důvodem vyšší teploty může být stav maziva. Podle vizuálního posouzení a černé barvy lze tvrdit, že olej je silně znečištěný a nemůže tím pádem plnit svojí funkci mazací, a především funkci chladicí. Ale přesto je stav této soustavy **VYHOVUJÍCÍ**.



Obrázek 64 Pohled termosifon 24 B [autor]



Obrázek 63 Vizuelní detail na měrku [autor]

4.3. Benzolová absorpce-velká strojovna



Obrázek 65 Velká strojovna, pohled 1 [autor]

Velká strojovna zapadá opět pod čerpání vypíracího oleje pro benzol. Tato strojovna se opět potýká s velkým znečištěním na pracovišti. Čerpaným médiem je vypírací olej z benzolových praček.



Obrázek 66 Velká strojovna, pohled 2 [autor]

4.3.1. Čerpadlo 6 B

Tabulka 18 Výsledky 15.3.2019

Benzolová absorpce-velká strojovna			6 B			
30 kW			1465 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,08	1,03	1,34	1,75
		H	0,735	0,778	2,94	1,63
		A	0,366	0,636	1,45	1,41
	Zrychlení [g]	V	0,44	0,275	0,454	0,456
		H	0,426	0,256	0,206	0,243
		A	0,346	0,303	0,881	0,691
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 19 Výsledky 6.12.2019

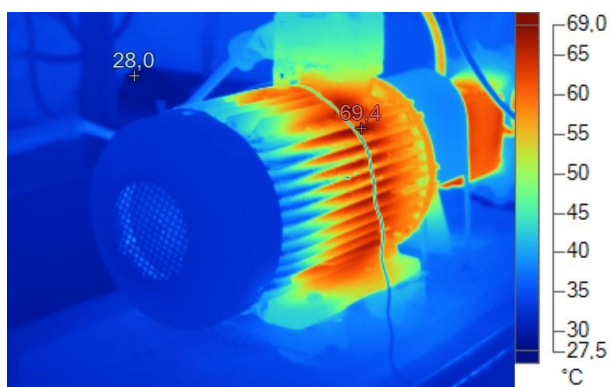
Benzolová absorpce - velká strojovna			6 B			
30 kW			1465 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,924	0,832	1,09	2,27
		H	0,705	0,588	2,73	1,54
		A	0,307	0,811	1,18	1,15
	Zrychlení [g]	V	0,313	0,39	0,474	0,2
		H	0,306	0,267	0,319	0,717
		A	0,213	0,254	0,343	0,617
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 20 Výsledky 6.3.2020

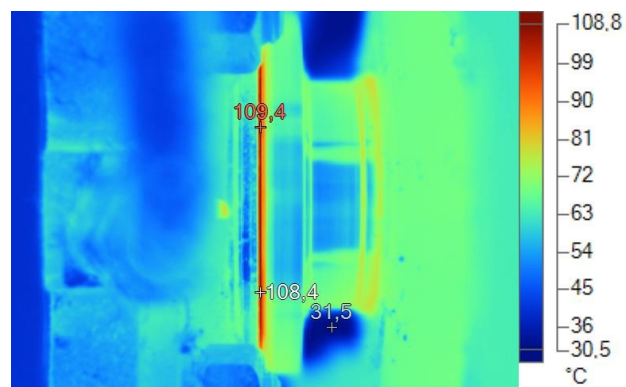
Benzolová absorpce-velká strojovna			6 B			
30 kW			1465 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	3,74	3,06	1,38	1,89
		H	5	3,39	7,19	4,02
		A	2,36	2,26	1,74	1,57
	Zrychlení [g]	V	0,664	0,499	0,193	0,121
		H	0,69	0,571	0,343	0,448
		A	0,028	0,037	0,234	0,141
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			NEPŘIJATELNÝ			

Tabulka 21 Kontrolní měření-výsledky 6.3.2020

Provedeno kontrolní měření v místech L3 a L4					
		Měřící místa			
		L1	L2	L3	L4
Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V			6,49	5,06
	H			9,2	7,1
	A			5,51	2,4
Zrychlení [g]	V			0,55	0,643
	H			0,863	0,874
	A			0,067	0,093



Obrázek 67 Elektromotor 6 B [autor]



Obrázek 68 Ucpávka 6 B [autor]



Obrázek 69 Čerpadlová soustava 6 B [autor]



Obrázek 70 Pokusy o ustavení elektromotoru 6 B L1 [autor]



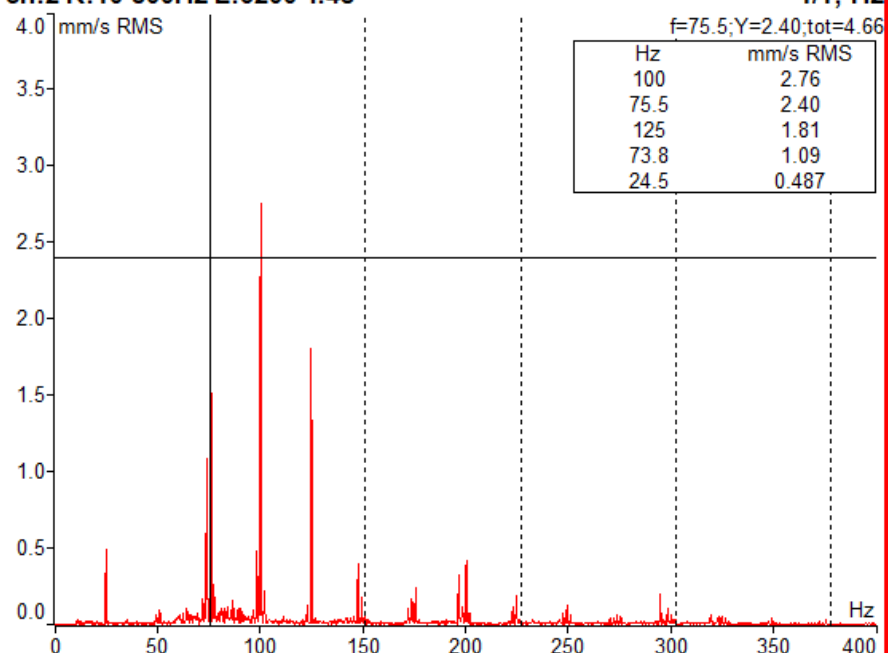
Obrázek 71 Pokusy o ustavení elektromotoru 6 B L2 [autor]

6,3 KOKS VS 6B L1 - AC1 (-4.00; 4.00)g

00:00:08 / 00:00:31

12 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



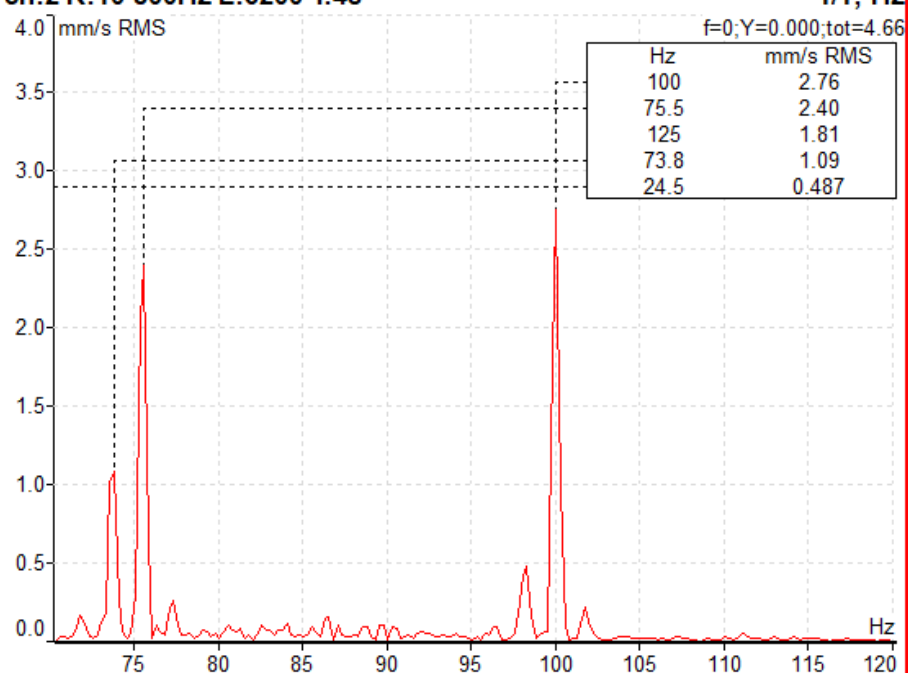
Obrázek 73 6B L1 H 6.3.2020 [autor]

6,3 KOKS VS 6B L1 - AC1 (-4.00; 4.00)g

00:00:08 / 00:00:31

12 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



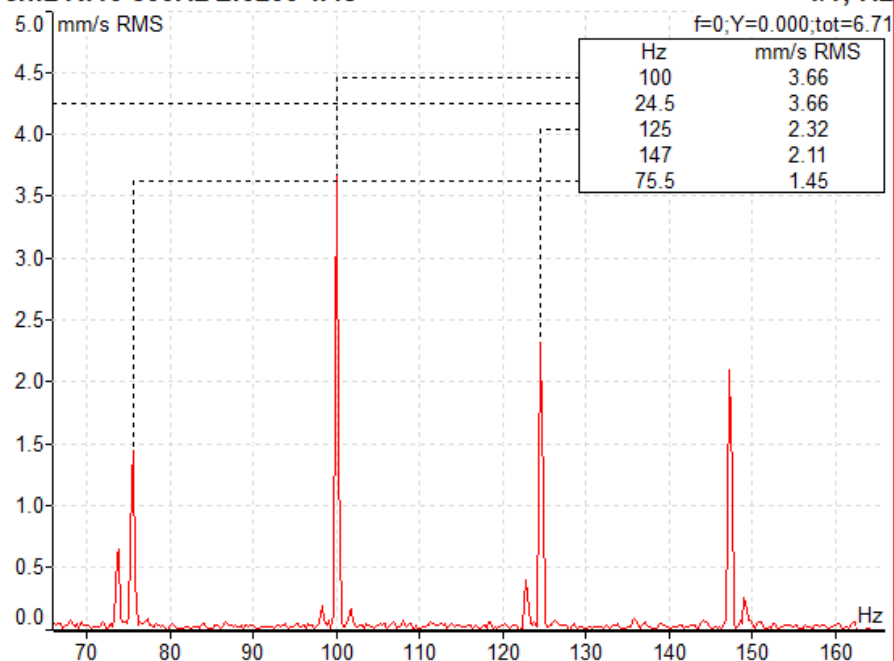
Obrázek 72 6B L1 H - ZOOM 6.3.2020 [autor]

6,3 KOKS VS 6B L3 - AC1 (-3.00; 3.00)g

00:00:08 / 00:00:30

12 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



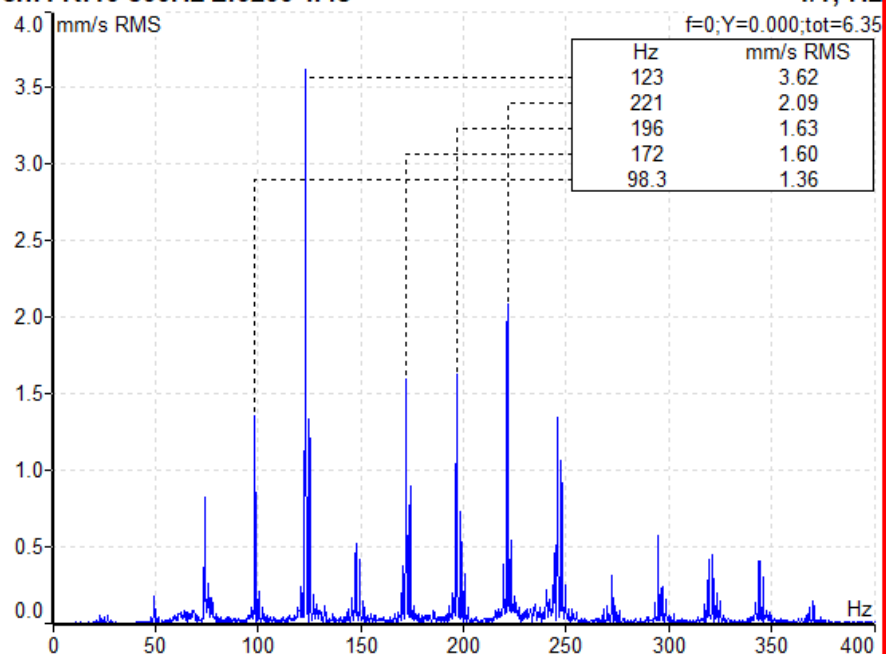
Obrázek 75 6B L3 H 6.3.2020 [autor]

6,3 KOKS VS 6B L1_copy01 - AC1 (-5.00; 5.00)g

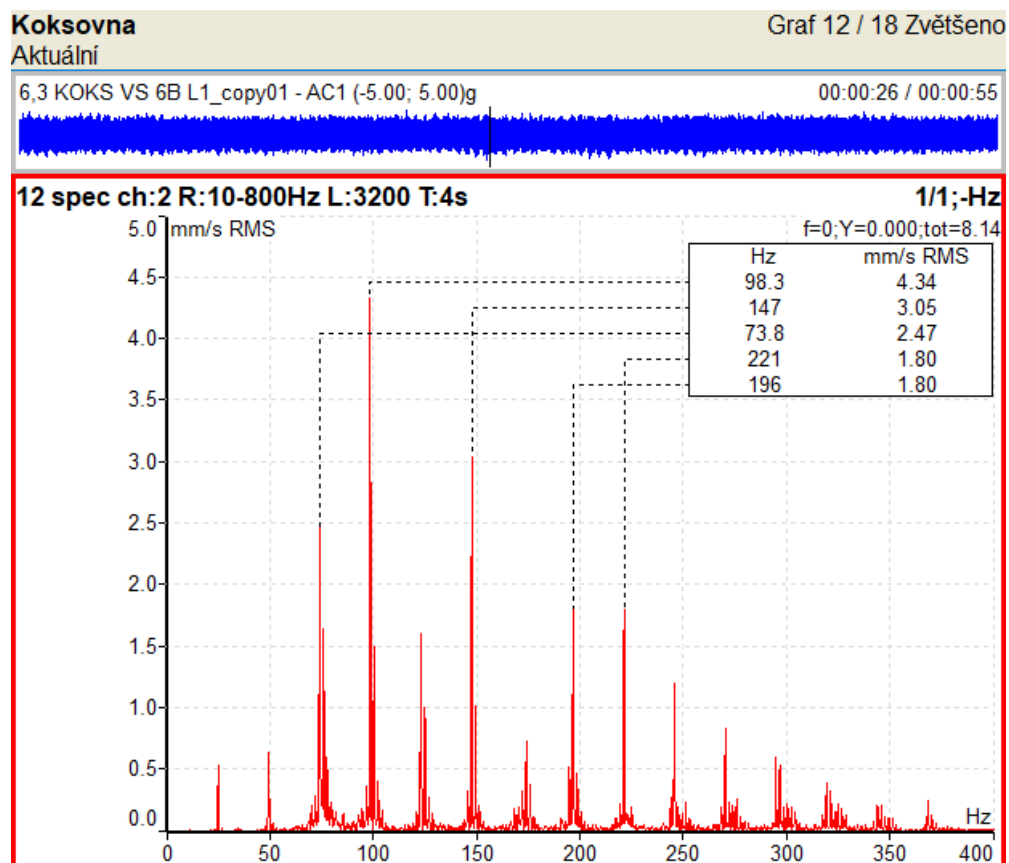
00:00:26 / 00:00:55

11 spec ch:1 R:10-800Hz L:3200 T:4s

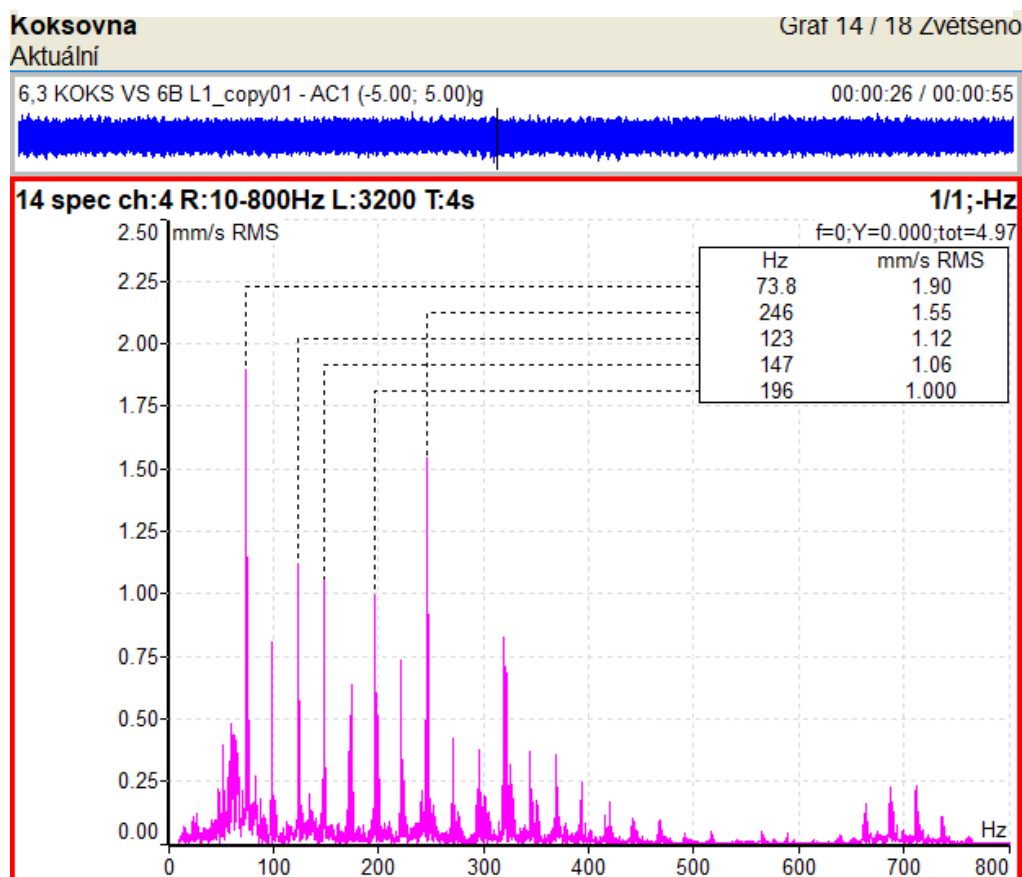
1/1;-Hz



Obrázek 74 6B L1 V - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor]



Obrázek 77 6B L1 H - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor]



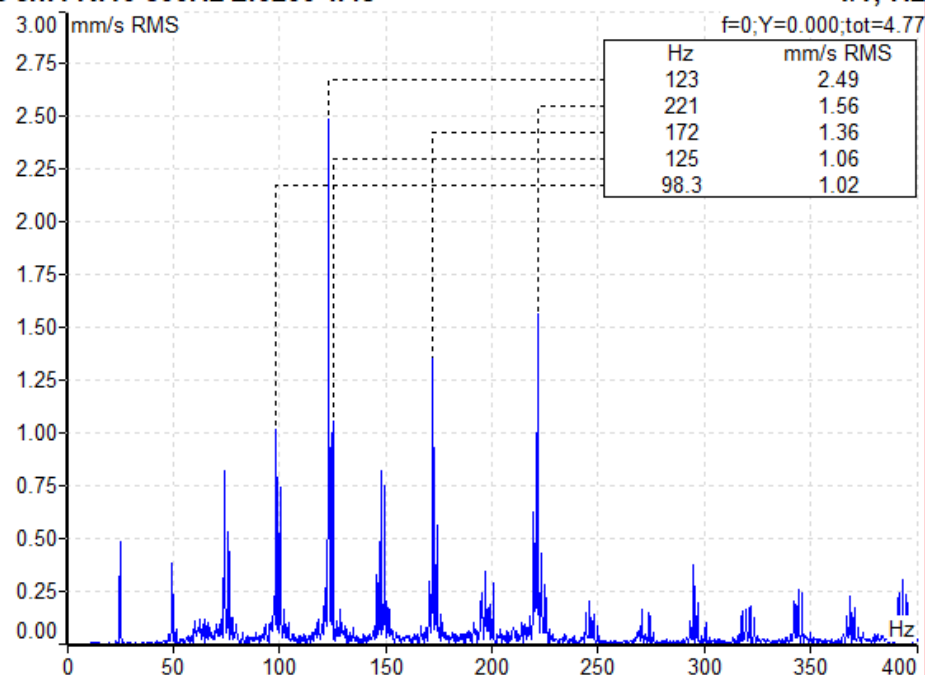
Obrázek 76 6B L1 A - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor]

6,3 KOKS VS 6B L2_copy01 - AC1 (-5.00; 5.00)g

00:00:28 / 00:00:54

11 spec ch:1 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



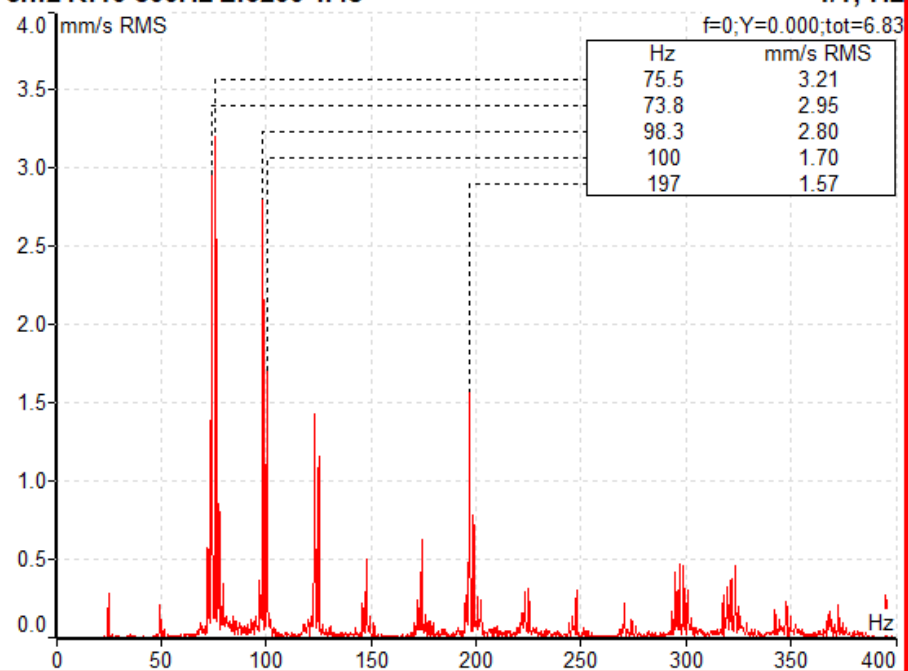
Obrázek 79 6B L2 V - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor]

6,3 KOKS VS 6B L2_copy01 - AC1 (-5.00; 5.00)g

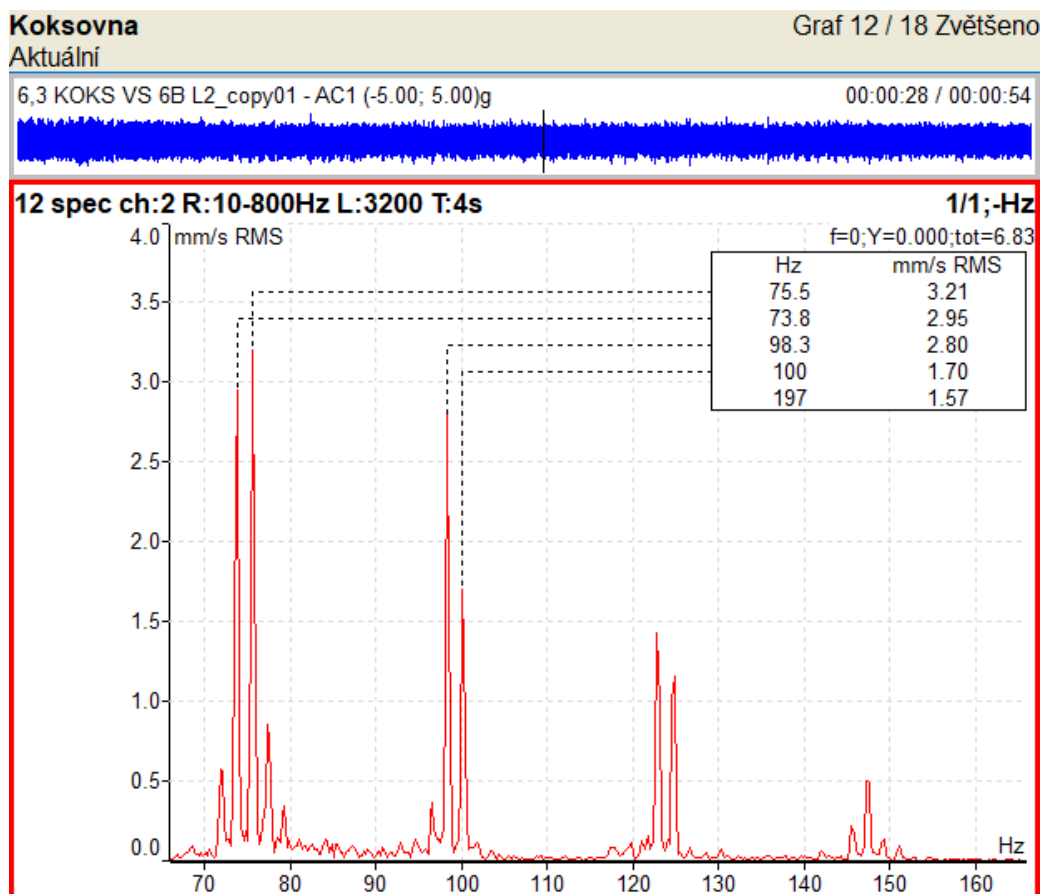
00:00:28 / 00:00:54

12 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



Obrázek 78 6B L2 H - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor]



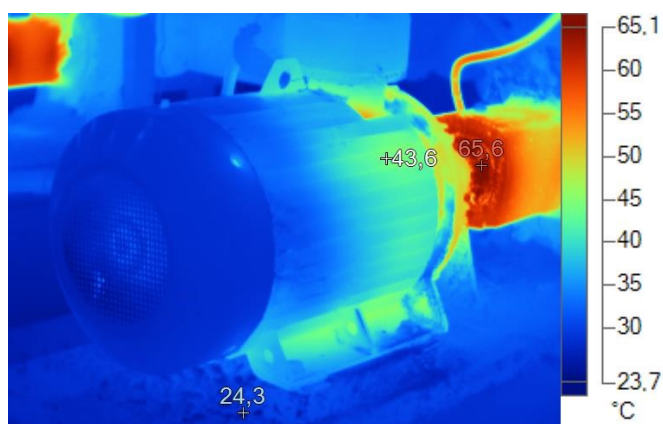
Obrázek 80 6B L2 H ZOOM - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor]

Elektromotor je od firmy MEZ Frenštát. Když se podíváme hlavně na hodnoty v oblasti elektromotoru (L1 a L2), tak vidíme že tyto hodnoty překračují PÁSMO C a PÁSMO D. Opakované měření v místě L1 a L2 se provádělo z důvodů, že po první sérii měření, začal elektromotor vydávat nečekané zvuky do okolí (záděry, chrastění, klepání). Důvodem těchto kritických problémů může být více. V přední řadě by se měli dotáhnout kotvící šrouby v oblasti elektromotoru, protože vše nasvědčuje mechanickému uvolnění. Měla by se provést kontrola celistvosti rámu, zda je v pořádku jeho celistvost. Dále se pak doporučuje rozebrat elektromotor a zkontrolovat, jestli nedochází k ložiskovému prokluzu v pouzdrech. Je zde možnost podezření i na prasklou betonovou podstavu pod elektromotorem. Termografické měření nevykazuje zvýšené teploty. Stav tohoto zařízení je **NEPŘIJATELNÝ**.

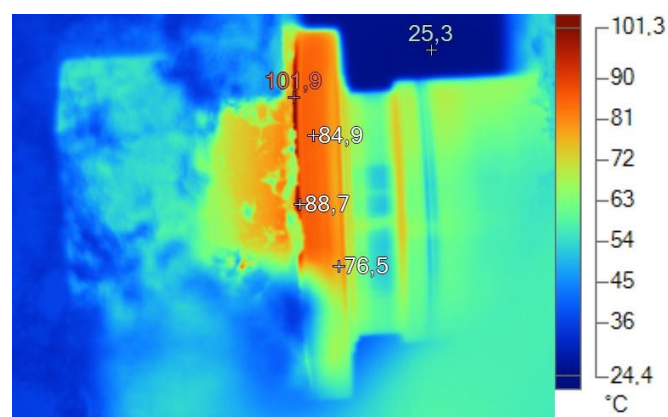
4.3.2. Čerpadlo 7 A

Tabulka 22 Výsledky 15.3.2019

Benzolová absorpce-velká strojovna			7A			
55 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,837	0,998	0,718	2,16
		H	0,668	0,647	1,81	1,18
		A	0,373	0,829	1,05	0,664
	Zrychlení [g]	V	0,164	0,331	0,228	0,159
		H	0,12	0,159	0,202	0,146
		A	0,137	0,471	0,262	0,243
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 82 Elektromotor 7 A [autor]



Obrázek 81 Ucpávka 7 A [autor]

Pohonem této soustavy je elektromotor od firmy MEZ Frenštát. Hodnoty sestavy se nacházejí všechny v PÁSMU A a z pohledu na termosnímký vidíme, že nevykazují zvýšené teploty. Proto tvrdím, že sestava 7 A je ve stavu **VYHOVUJÍCÍM**.

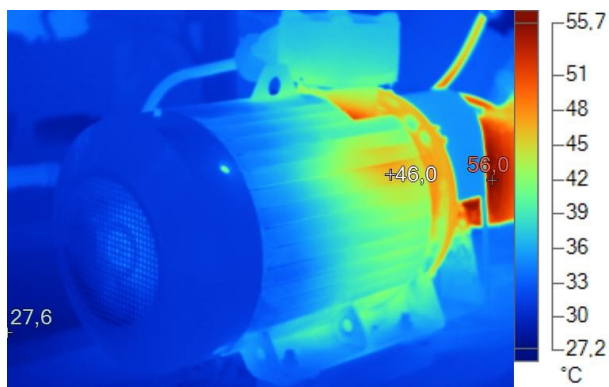
4.3.3. Čerpadlo 7 B

Tabulka 23 Výsledky 6.12.2019

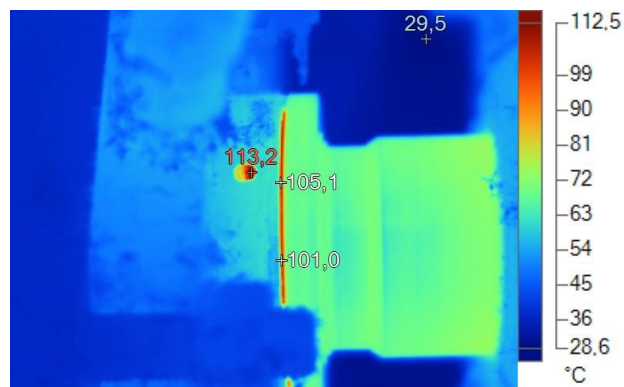
Benzolová absorpce - velká strojovna			7 B			
55 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	4,03	3,52	2,23	1,92
		H	2,83	2,54	2,94	1,82
		A	3,38	3,17	1,67	1,24
	Zrychlení [g]	V	0,317	0,157	0,197	0,162
		H	0,29	0,581	0,235	0,253
		A	0,173	0,168	0,204	0,227
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 24 Výsledky 6.3.2020

Benzolová absorpce-velká strojovna			7 B			
55 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	3,37	3,5	1,6	1,3
		H	3,28	3,41	3,11	1,92
		A	2,36	1,87	1,25	1,06
	Zrychlení [g]	V	0,344	0,19	0,155	0,159
		H	0,236	0,338	0,217	0,26
		A	0,062	0,112	0,081	0,061
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 84 Elektromotor 7 B [autor]



Obrázek 83 Ucpávka 7 B [autor]

Elektromotor byl vyroben firmou MEZ Frenštát. Můžeme sledovat, že hodnoty se ve většině případů z obou měření pohybují v PÁSMU A, ale v ojedinělých případech se hodnoty vyskytnou i v oblasti PÁASMA B, a to především v místě L1 a L2, což může i predikovat následné poruchy elektromotoru. Z termosnímků vidíme, že teplotní problémy se zde nevyskytují, a proto je stav sestavy ve stavu **VYHOVUJÍCÍM**.

4.3.4. Čerpadlo 8 B

Tabulka 25 Výsledky 15.3.2019

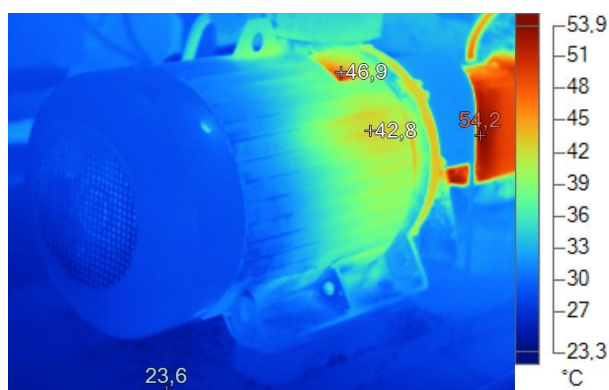
Benzolová absorpce-velká strojovna			8 B			
55 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,39	1,25	1,13	2,11
		H	1,46	1,24	2,36	0,84
		A	0,574	1,35	0,95	1,15
	Zrychlení [g]	V	0,382	0,248	0,519	0,7
		H	0,209	0,17	0,249	0,322
		A	0,137	0,564	0,761	0,782
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 26 Výsledky 6.12.2019

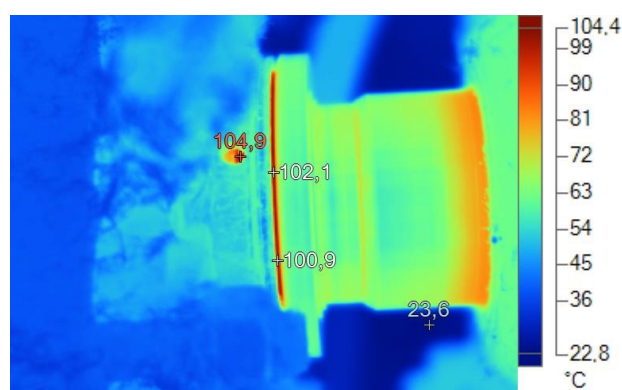
Benzolová absorpce - velká strojovna			8 B			
55 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,34	1,15	0,877	2,25
		H	1,3	1,66	2,12	0,865
		A	0,512	1,19	1,09	1,34
	Zrychlení [g]	V	0,434	0,156	0,329	1,95
		H	0,261	0,162	0,441	0,593
		A	0,187	0,39	0,477	0,755
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 27 Výsledky 6.3.2020

Benzolová absorpce-velká strojovna			8 B			
55 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,11	0,915	1,11	2,15
		H	1,88	1,84	2,31	1,16
		A	0,75	0,888	0,848	0,859
	Zrychlení [g]	V	0,418	0,162	0,181	0,262
		H	0,279	0,318	0,0329	0,4
		A	0,064	0,05	0,109	0,044
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			PŘIJATELNÝ			



Obrázek 85 Elektromotor 8 B [autor]



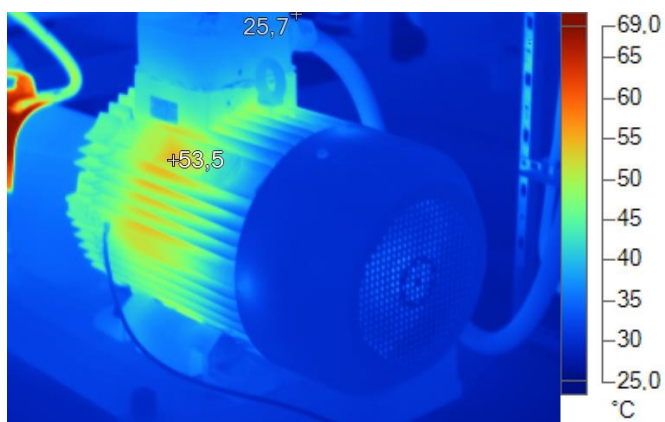
Obrázek 86 Ucpávka 8 B [autor]

Elektromotor byl vyroben firmou MEZ Frenštát. Z výsledků měření je patrné, že absolutní většina výsledků ze všech tří měření se pohybuje v PÁSMU A. Jen v ojedinělých případech se pohybují hodnoty v PÁSMU B. Z snímku je opětovně vidět, že teploty jsou v pořádku. Sestava 8B je ve stavu **VYHOVUJÍCÍM**.

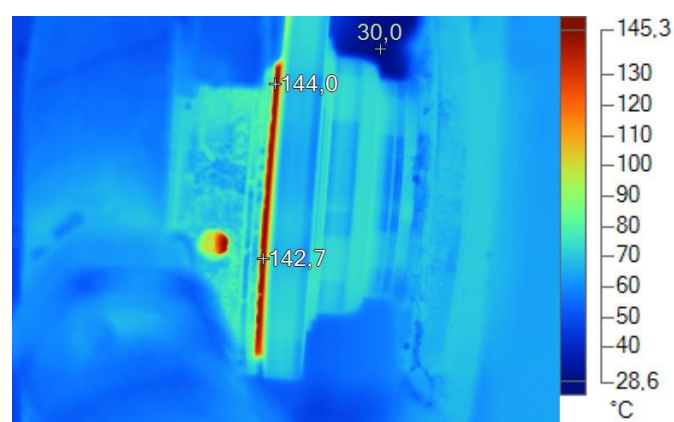
4.3.5. Čerpadlo 19 A

Tabulka 28 Výsledky 15.3.2019

Benzolová absorpce-velká strojovna			19 A			
37 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,561	2,9	2,05	1,46
		H	1,15	1,03	1,31	1,27
		A	0,789	2,59	0,801	0,97
	Zrychlení [g]	V	1,05	0,405	0,491	0,402
		H	0,927	0,546	0,563	0,341
		A	0,355	0,687	0,661	0,828
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 88 Elektromotor 19 A [autor]



Obrázek 87 Ucpávka 19 A [autor]

Elektromotorem pro čerpadlo je v tomto případě pohon vyroben firmou MEZ Frenštát. Většina hodnot naměřených při měření se nachází v PÁSMU A a místy se pohybují i v PÁSMU B. Problém byl zjištěn z termografických snímků, a to ve formě zvýšené teploty v prostoru ucpávky (cca 145 °C). Ale i vzhledem k tomuto problému, tak stav je **VYHOVUJÍCÍ**.

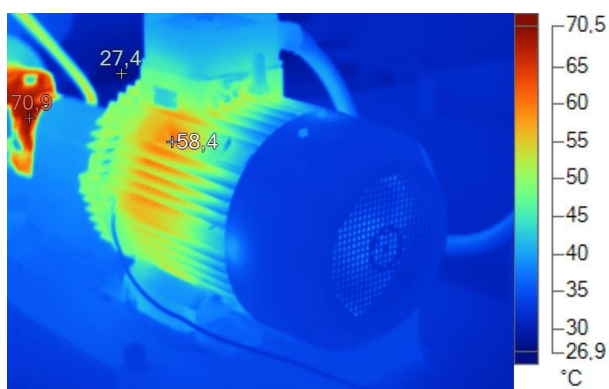
4.3.6. Čerpadlo 19 B

Tabulka 29 Výsledky 6.12.2019

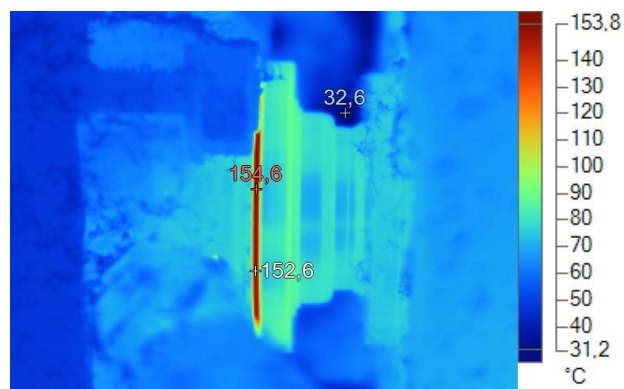
Benzolová absorpce - velká strojovna			19 B			
37 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	4,92	1,73	1,27	1,03
		H	2,21	2,03	0,89	0,622
		A	0,753	3	0,632	0,739
	Zrychlení [g]	V	0,544	0,283	0,592	0,37
		H	1,35	0,433	0,497	0,42
		A	0,32	0,315	0,567	0,993
	V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální					
	STAV		VYHOVUJÍCÍ			
Provedeno dotažení šroubu v místě L1.						
			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,622	1,04	1,34	1,1
		H	2,25	2,23	0,989	0,849
		A	0,315	0,588	0,567	0,668
	Zrychlení [g]	V	0,691	0,506	0,6	0,258
		H	1,77	0,687	0,581	0,436
		A	0,443	0,307	0,696	0,983

Tabulka 30 Výsledky 6.3.2020

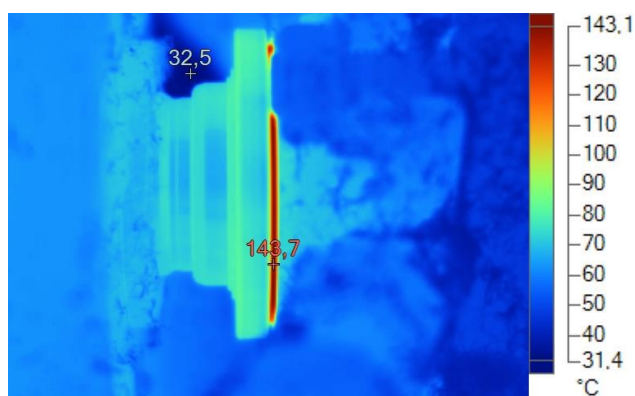
Benzolová absorpce-velká strojovna			19 B			
37 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,722	0,823	1,32	1,05
		H	2,79	3,02	1,25	1,06
		A	0,511	0,519	1,04	1,41
	Zrychlení [g]	V	0,394	0,637	0,383	0,448
		H	2,36	0,751	0,555	0,49
		A	0,086	0,118	0,347	0,269
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			



Obrázek 91 Elektromotor 19 B [autor]



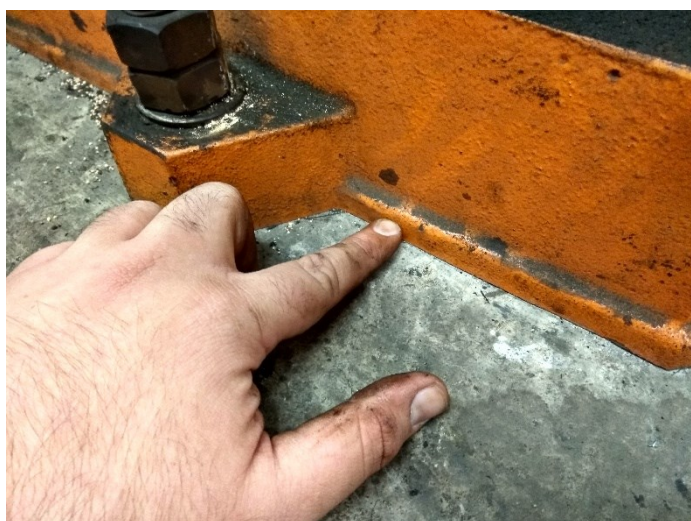
Obrázek 90 Ucpávka 19 B [autor]



Obrázek 89 Ucpávka 19 B 6.12.2019



Obrázek 94 Čerpadlová soustava 19 B [autor]



Obrázek 93 Ruční zjišťování vibrací [autor]



Obrázek 92 Uvolněný a následně dotažený šroub [autor]

V úvodu opětovně uvádím, že elektromotor byl vyroben firmou SIEMENS. Z hlediska naměřených hodnot se většina pohybuje v PÁSMU A a PÁSMU B. Jedna hodnota mírně přesahuje do oblasti PÁSMU C. Vzhledem k náročnosti provozu je tento jev zanedbatelný. Jev, který už tak zanedbatelný není, tak ten můžeme pozorovat na termografických záznamech. Můžeme pozorovat vysoké teploty na ucpávce, které v průběhu mezi měřeními 6.12.2012 a 6.3.2020 se postupně zvyšují přibližně o 10 °C za tři měsíce. Můžeme tak predikovat zvyšování teplot, které mohou vést až k odstavení ucpávkové části a bude zapotřebí opravy nebo výměny za nový kus. 6.12.2020 bylo také při měření zjištěno z poslechu na místě, že prostor elektromotoru nepřírozeně kmitá. Při přiložení prstu k levému přednímu ustavovacímu šroubu, by ihned jasné, že šroub není dotažen. Následně pak bylo provedeno dotažení šroubu o dvě otáčky. Přesto, že hodnota v PÁSMU C je zanedbatelná, tak pořád je vyhodnocený, dle norem, **ZHORŠENÝ**.

4.4. Benzolová stanice



Obrázek 95 Vnitřek benzolové stanice [autor]

Benzolová stanice je jedna z nejvíce znečištěných stanic v provozu OKK Koksovny. Velkou roli v tomto hraje samotný benzen, který je silně žíravý. A druhým aspektem je to, že vypírací olej v tomto provozu dosahuje největších teplot.



Obrázek 96 Venkovní pohled na benzolovou stanici [autor]

4.4.1. Čerpadlo 6 B

Tabulka 31 Výsledky 15.3.2019

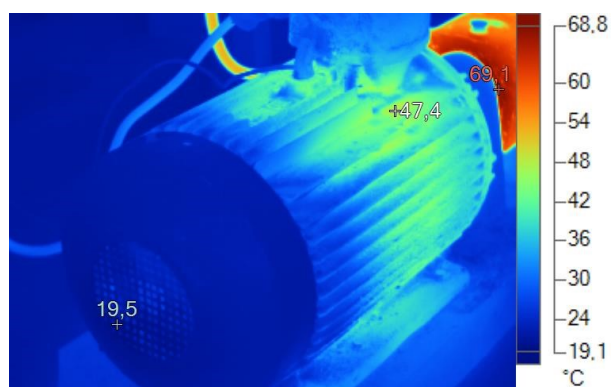
Benzolová stanice			6 B			
35 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,52	2,01	1,51	1,53
		H	1,8	1,82	1,51	1,09
		A	0,871	0,956	1,44	1,58
	Zrychlení [g]	V	0,912	0,903	0,827	0,761
		H	0,341	0,379	0,457	0,516
		A	0,389	1,2	0,575	0,922
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 32 Výsledky 6.12.2019

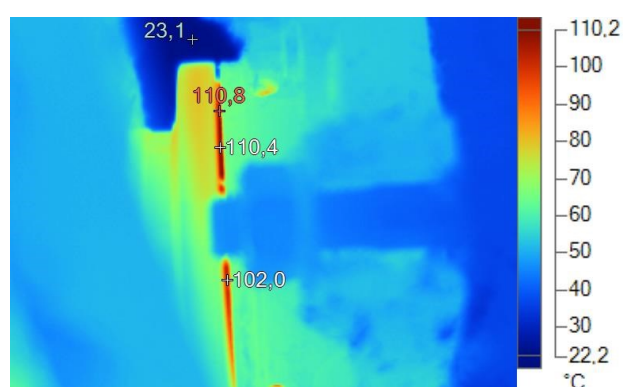
Benzolová stanice			6 B			
35 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,63	2,01	1,33	1,35
		H	1,69	1,69	1,25	0,98
		A	0,564	1,13	1,13	1,2
	Zrychlení [g]	V	0,823	0,297	1,1	0,75
		H	0,573	0,799	0,743	0,973
		A	0,268	1,6	0,747	0,746
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 33 Výsledky 6.3.2020

Benzolová stanice			6 B			
35 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,39	2,06	1,63	1,46
		H	1,89	1,33	2,44	1,43
		A	0,895	1,7	2,46	2,26
	Zrychlení [g]	V	0,193	0,088	0,226	0,06
		H	0,443	0,772	0,376	0,303
		A	0,113	0,534	0,039	0,072
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 98 Elektromotor 6 B [autor]



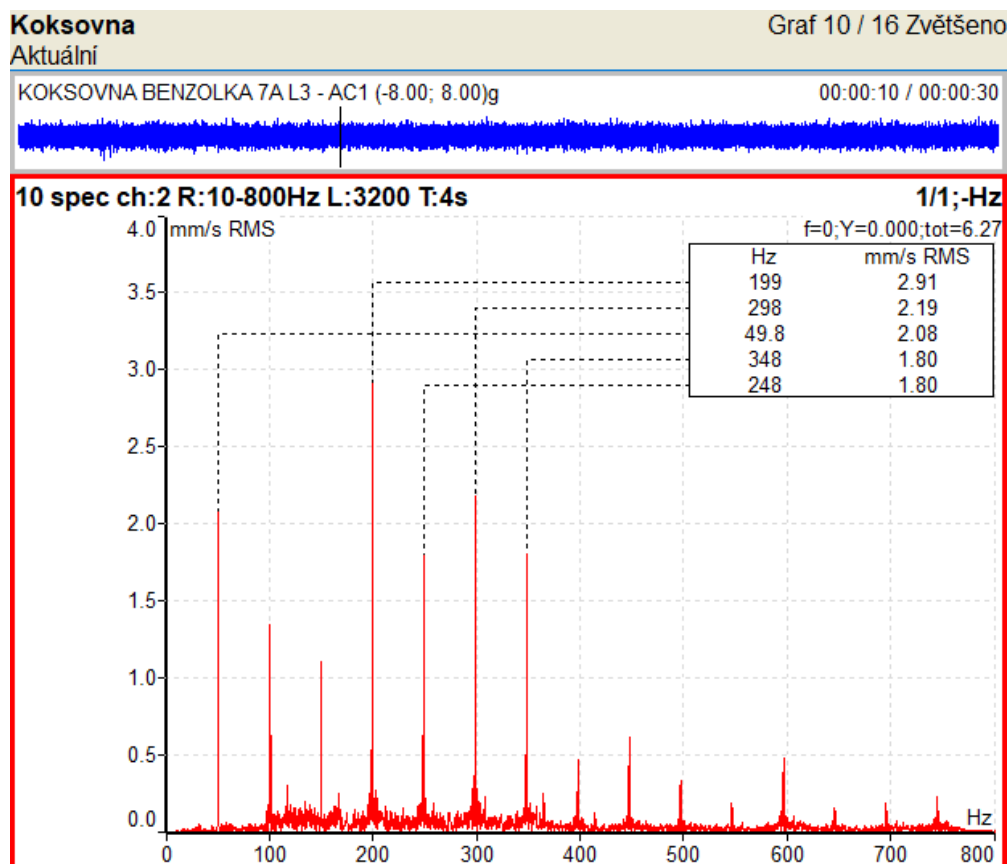
Obrázek 97 Ucpávka 6 B [autor]

Elektromotor byl vyroben firmou SIEMENS. Ze všech tří měření jde vidět, že naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí PÁSMA A a PÁSMA B. Z termosnímků jde vidět mírný vzestup teploty na ucpávce, ale jinak je vše v pořádku, tím pádem lze tvrdit, že stav je **VYHOVUJÍCÍ**.

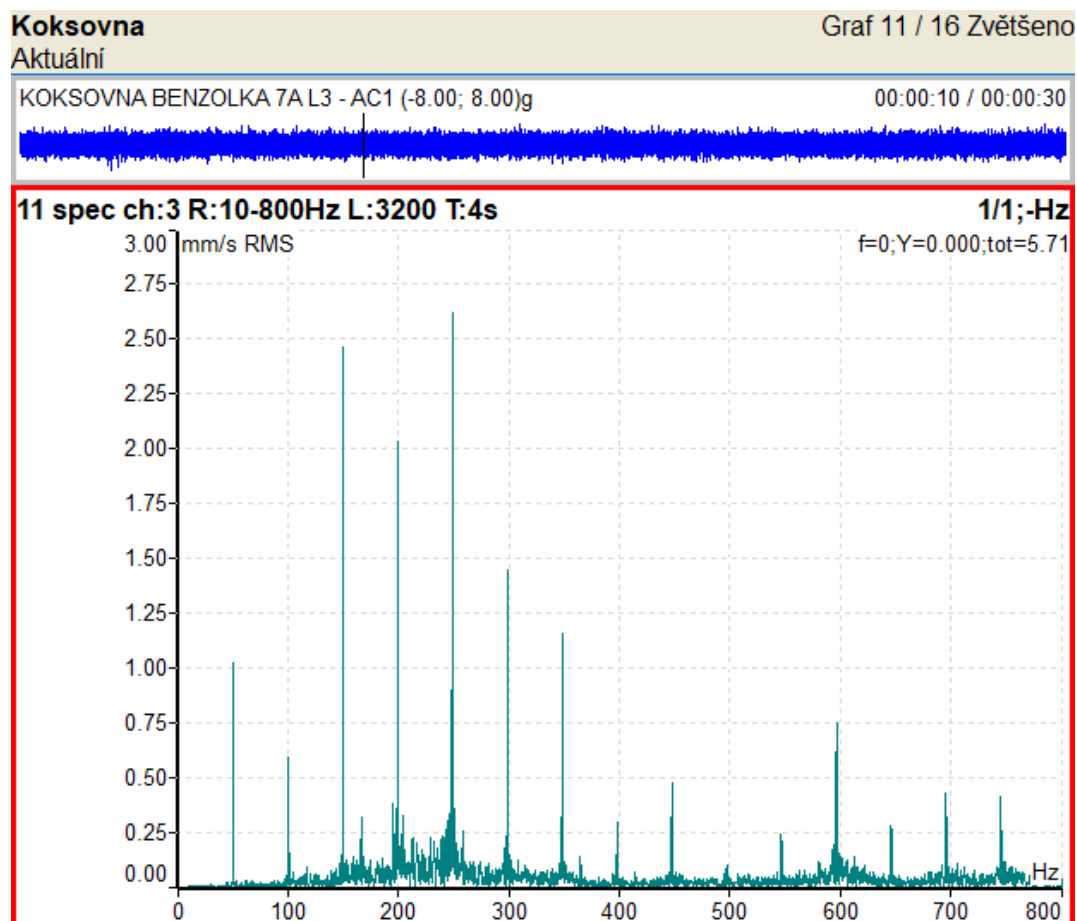
4.4.2. Čerpadlo 7 A

Tabulka 34 Výsledky 15.3.2019

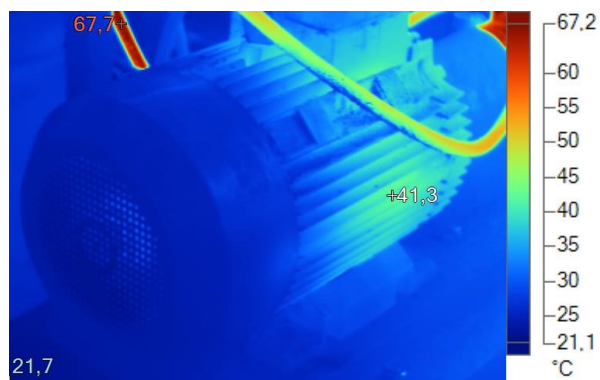
Benzolová stanice			7A			
30 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	2,19	1,43	4,37	3,11
		H	3,44	2,75	6,18	3,27
		A	0,744	1,09	5,73	2,9
	Zrychlení [g]	V	0,61	0,239	0,714	0,679
		H	0,186	0,663	0,701	0,57
		A	0,157	0,411	0,938	0,954
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			



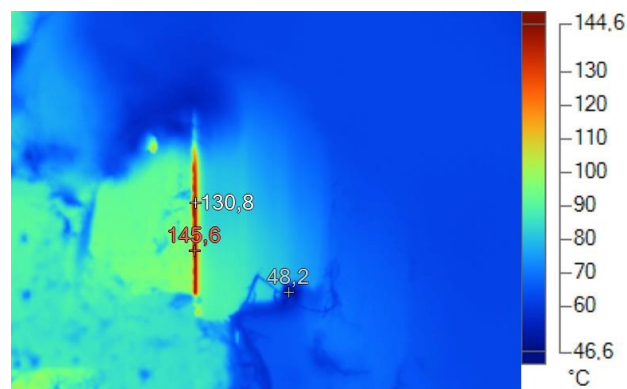
Obrázek 99 7A L3 H [autor]



Obrázek 102 7A L3 A [autor]



Obrázek 101 Elektromotor 7 A [autor]



Obrázek 100 Ucpávka 7 A [autor]

Elektromotor byl vyroben firmo SIEMENS. Jak vidíme, tak kromě projevů hodnot v PÁSMU A a PÁSMU B, se hodnoty v místě L3 v horizontální a axiální směru pohybují v PÁSMU C. Tyto hodnoty vykazují nesouosost v místě L3. Dalším problémem je zvýšená teplota na ucpávce čerpadla, která byla zjištěna pomocí termosnímků. Stav sestavy je tím pádem **ZHORŠENÝ**.

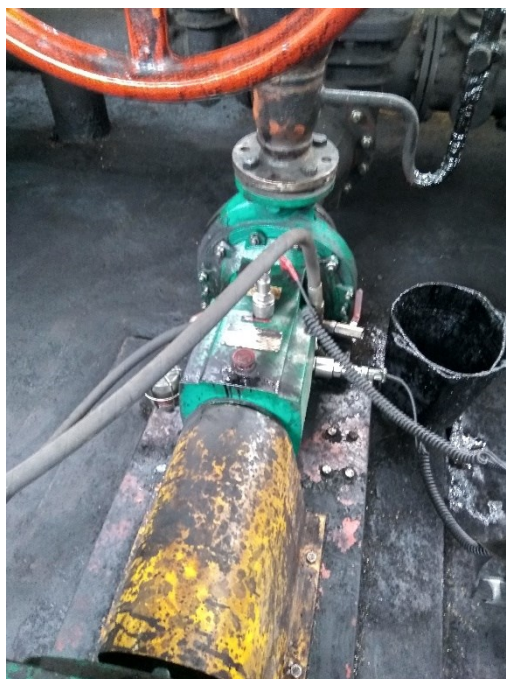
4.4.3. Čerpadlo 7 C

Tabulka 35 Výsledky 6.12.2019

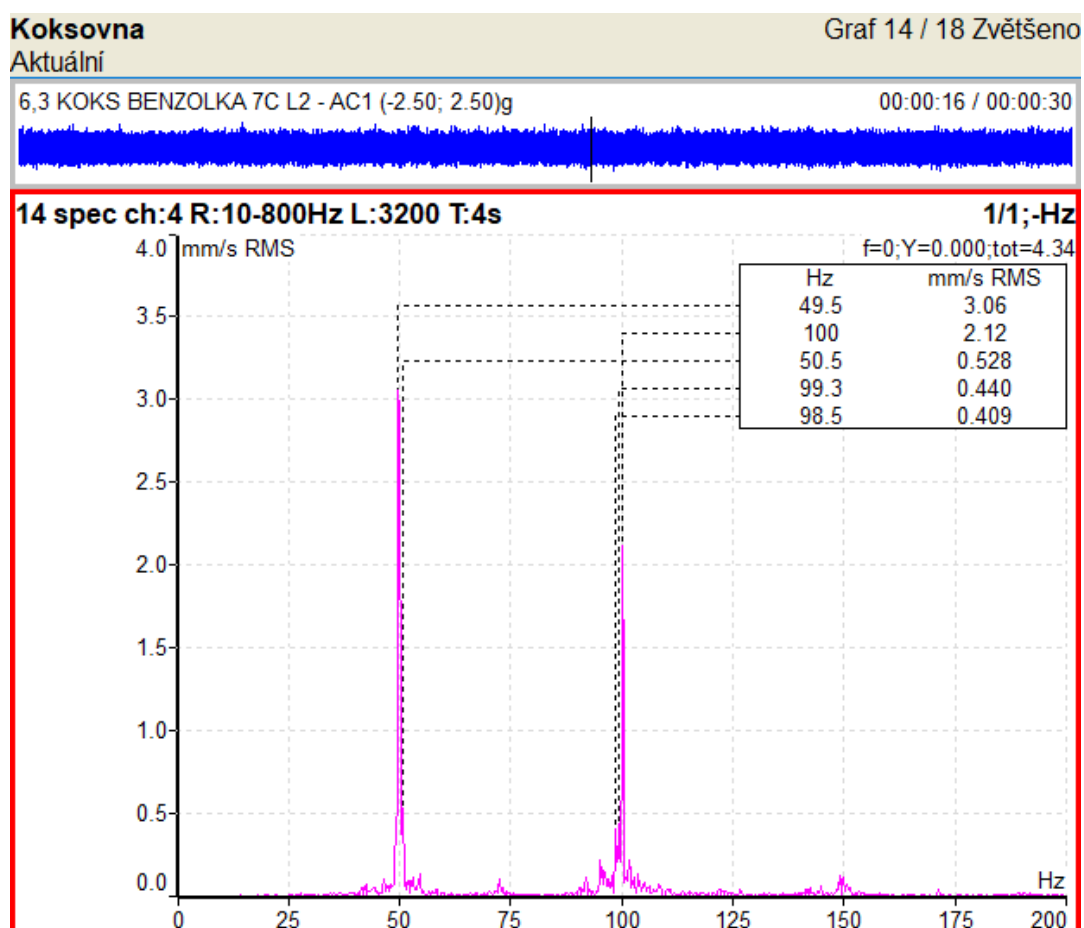
Benzolová stanice			7 C			
45 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,6	2,44	3,15	2,53
		H	1,88	1,7	2,89	2,25
		A	1	1,58	1,52	1,87
	Zrychlení [g]	V	0,809	0,533	0,388	0,53
		H	0,916	1,29	0,562	0,888
		A	0,467	1,85	0,621	0,815
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			

Tabulka 36 Výsledky 6.3.2020

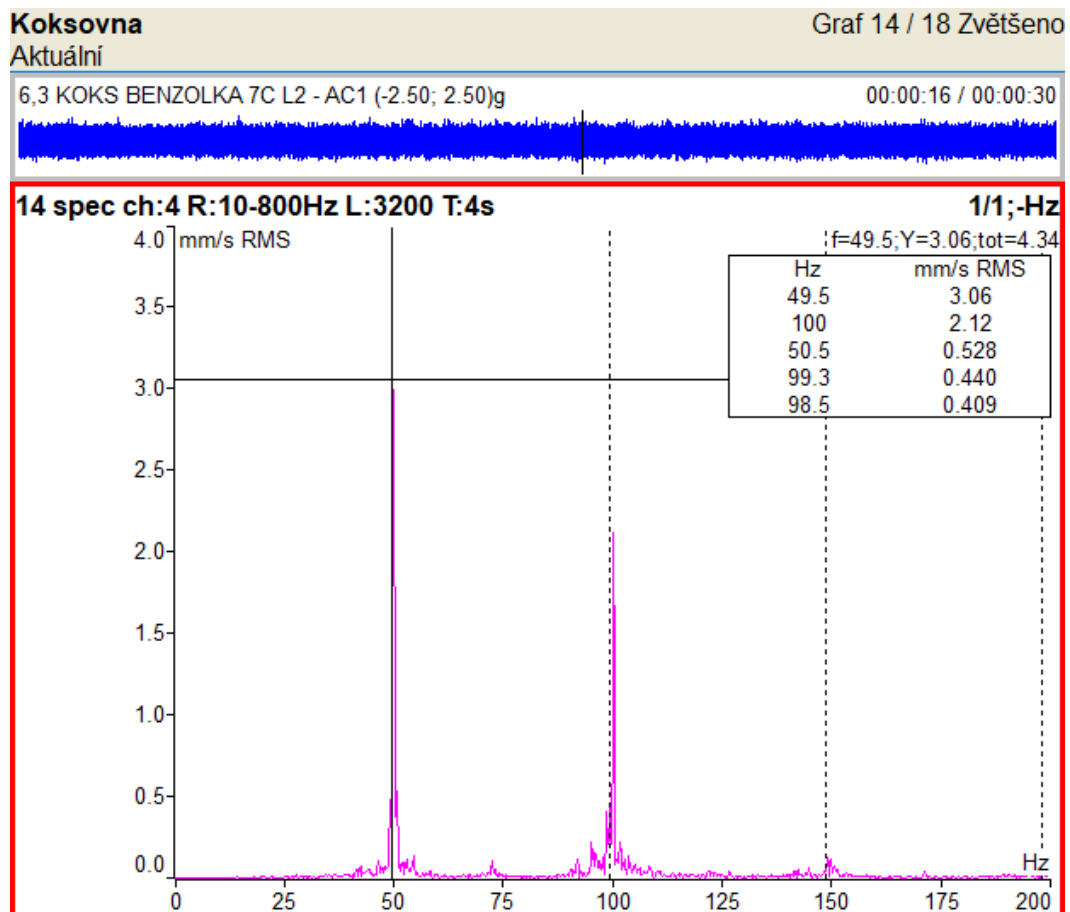
Benzolová stanice			7 C			
45 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,96	1,74	1,87	2,18
		H	2,34	2,38	2,38	2,7
		A	0,732	4,64	1,84	1,37
	Zrychlení [g]	V	0,431	0,374	0,346	0,282
		H	1,02	1,1	0,527	0,556
		A	0,047	0,172	0,513	0,219
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			



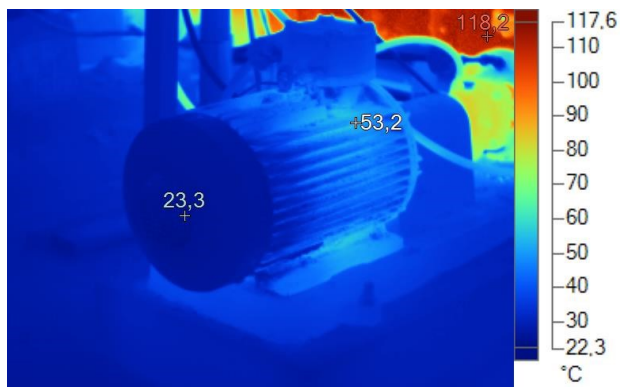
Obrázek 104 Čerpadlová soustava 7C [autor]



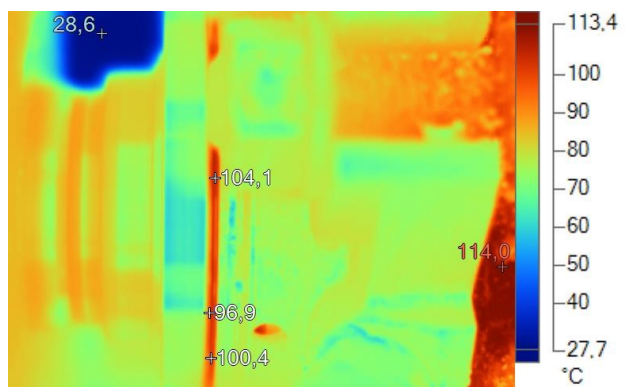
Obrázek 103 7C L2 A [autor]



Obrázek 107 7C L2 A - HARMONICKÝ KURZOR [autor]



Obrázek 106 Elektromotor 7 C [autor]



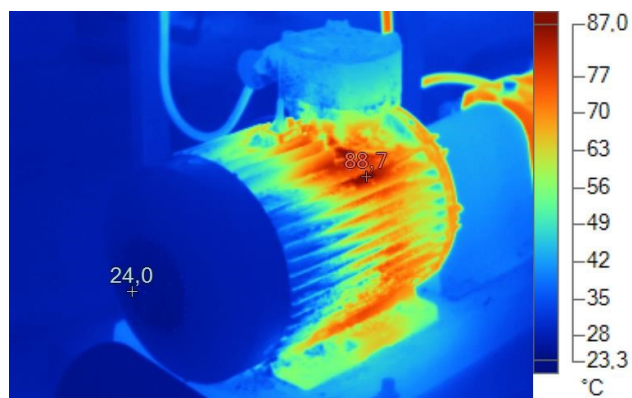
Obrázek 105 Ucpávka 7 C [autor]

Elektromotor byl vyroben firmou SIEMENS. Klasickým jeve jsou i zde hodnoty, které se pohybují v PÁSMU A a PÁSMU B. Hodnota v místě L2 v axiálním směru vykazuje hodnoty PÁSMU C. Dle proložení harmonickým kurzorem to vypadá na projevy dynamické nevyváženosti. Také zde počíná problém na dvojnásobku síťové frekvence, který poukazuje na problémy elektrického zařízení. Z termografických snímků nejsou patrné problémy spojené s vysokými teplotami. Stav této čerpadlové soustavy je **ZHORŠENÝ**.

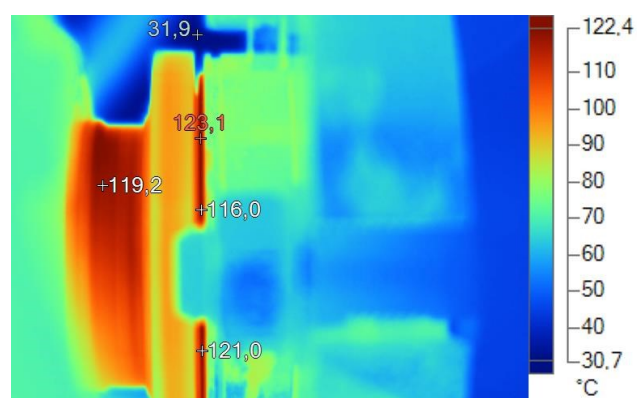
4.4.4. Čerpadlo 9 A

Tabulka 37 Výsledky 15.3.2019

Benzolová stanice			9A			
45 kW			1470 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,12	1,5	1,94	2,01
		H	1,65	1,5	2,36	1,57
		A	0,48	1,43	2,29	2,51
	Zrychlení [g]	V	0,365	0,389	1,77	1,32
		H	0,235	0,347	0,651	0,554
		A	0,235	1,3	0,938	1,85
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 108 Elektromotor 9 A [autor]



Obrázek 109 Ucpávka 9 A [autor]

Elektromotor byl vyroben firmou SIEMENS. Hodnoty této soustavy z jednoho měření se pohybují na rozhraní PÁSEM A a B. Z termografického záznamu v prostoru ucpávky můžeme vidět mírně zvýšenou teplotu (cca 122 °C). Vzhledem k hodnotám je stav této sestavy **VYHOVUJÍCÍ**.

4.4.5. Čerpadlo 9 B

Tabulka 38 Výsledky 6.12.2019

Benzolová stanice			9 B			
45 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,14	2,1	0,874	1,02
		H	4,81	4,19	1,5	1,23
		A	0,32	0,584	0,897	0,814
	Zrychlení [g]	V	0,324	0,251	0,681	0,148
		H	0,346	0,59	0,609	0,618
		A	0,612	0,556	0,709	0,731
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			

Tabulka 39 Výsledky 6.3.2020

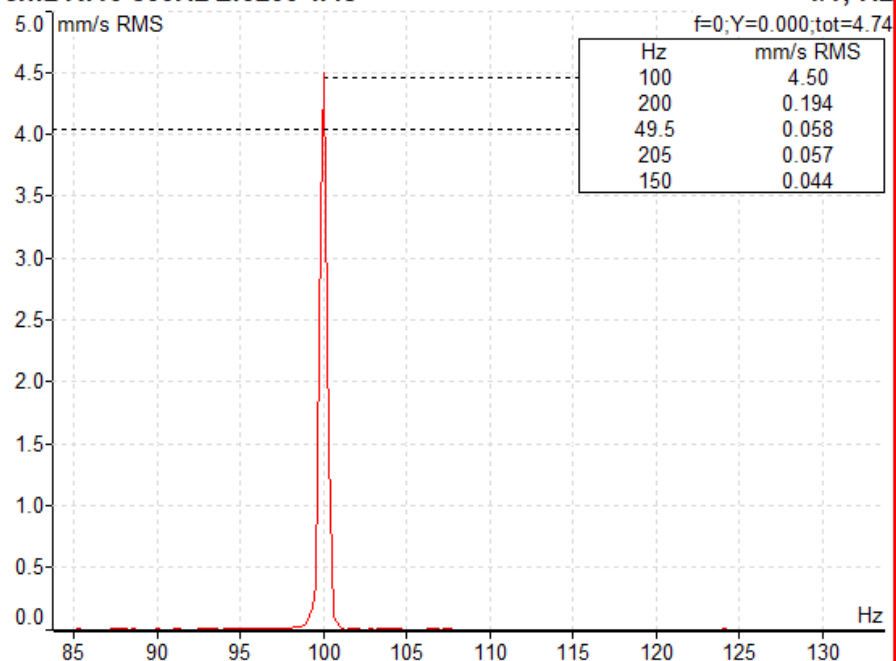
Benzolová stanice			9 B			
45 kW			2950 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	1,35	1,63	0,795	0,777
		H	4,67	4,46	1,68	1,45
		A	0,248	0,347	1	0,931
	Zrychlení [g]	V	0,155	0,13	0,912	0,283
		H	0,302	0,151	0,697	0,482
		A	0,118	0,119	0,554	0,084
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			

KOKS BENZOLKA 9B L1 - AC1 (-2.00; 2.00)g

00:00:19 / 00:00:30

12 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



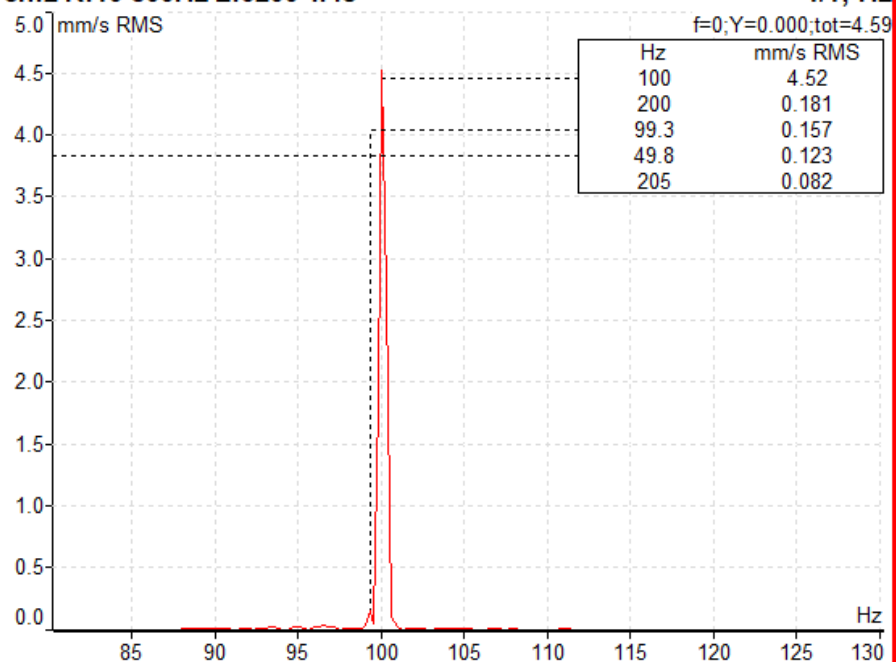
Obrázek 111 9B L1 H, 6.12.2019 [autor]

6,3 KOKS BENZOLKA 9B L1 - AC1 (-1.00; 1.00)g

00:00:14 / 00:00:31

12 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

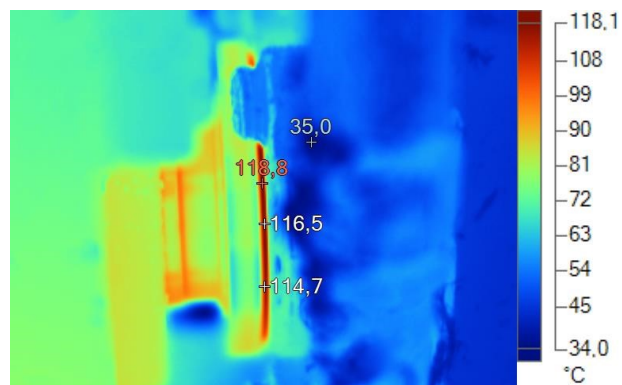
1/1;-Hz



Obrázek 110 9B L1 H, 6.3.2020 [autor]



Obrázek 113 Elektromotor 9 B [autor]



Obrázek 112 Ucpávka 9 B [autor]

Elektromotor je výrobkem firmy SIEMENS. Naměřené hodnoty s opětovně z větší části pohybují v oblasti PÁSMA A a PÁSMA B. Při obou měřeních bylo zjištěno v místě L1 v horizontálním směru, že hodnoty se nacházejí v PÁSMU C. Tento problém ukazuje na dlouhodobou závadu elektrického typu, jelikož se hodnoty vyskytují přesně na 100 Hz, což je dvojnásobkem síťové frekvence. Hodnoty teplot z termografických snímků nevykazují změny v teplotách. Stav čerpadlové soustavy 9 B je **ZHORŠENÝ**.

4.5. Čpavková stanice-absorpce



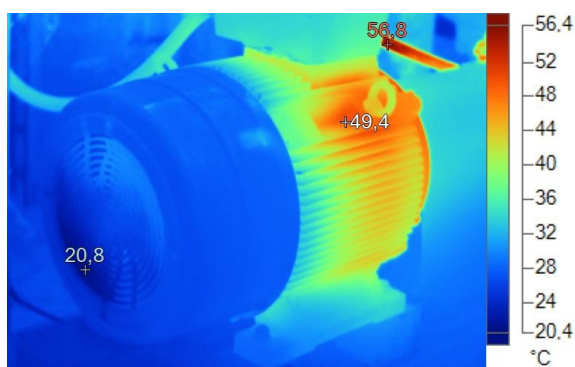
Obrázek 114 Stanice absorpce čpavkové vody [autor]

Jedná se o strojovnu, která je umístěna pod koksárenskou baterií. Čerpá čpavkovou vodu z absorpce. Vzhledem k agresivitě čpavku jsou čerpadla vystavena vyšším poškozením vlivem znečištění.

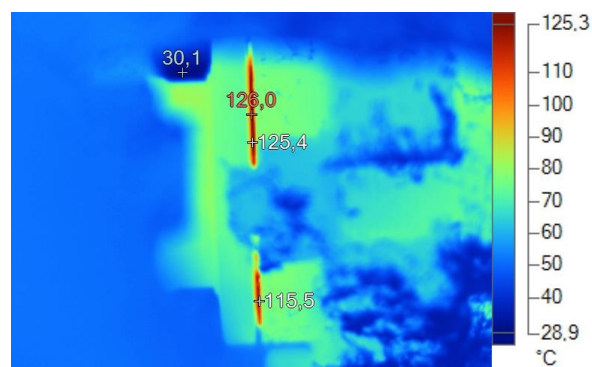
4.5.1. Čerpadlo 09 a

Tabulka 40 Výsledky 15.3.2019

Čpavková voda			09a			
45 kW			1475 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,643	2,82	2,41	2,02
		H	0,613	1,05	2,06	1,1
		A	0,708	2,41	3,76	3,12
	Zrychlení [g]	V	0,181	0,538	0,333	0,183
		H	0,228	0,289	0,36	0,237
		A	0,264	0,489	0,118	0,188
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 115 Elektromotor 09 a [autor]



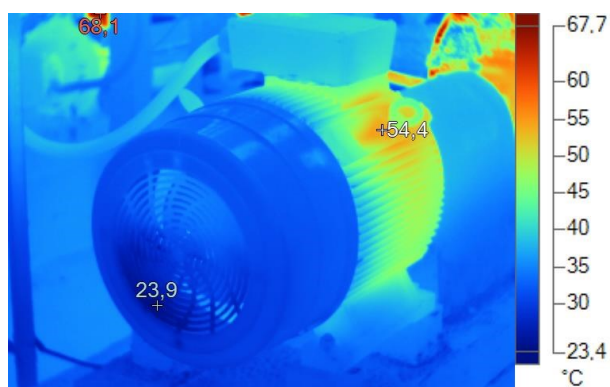
Obrázek 116 Ucpávka 09 a [autor]

Pohonem této soustavy je elektromotor od firmy SIEMENS. Výsledky z měření poukazují na to, že hodnoty rychlosti vibrací se pohybují v PÁSMU A a PÁSMU B. Oproti tomu hodnoty zrychlení vibrací jsou všechny v PÁSMU A. Z termosnímků je lehce patrné, že zde dochází k mírnému zvyšování teploty v prostoru ucpávky (cca 125 °C). Stav této sestavy je **VYHOVUJÍCÍ**.

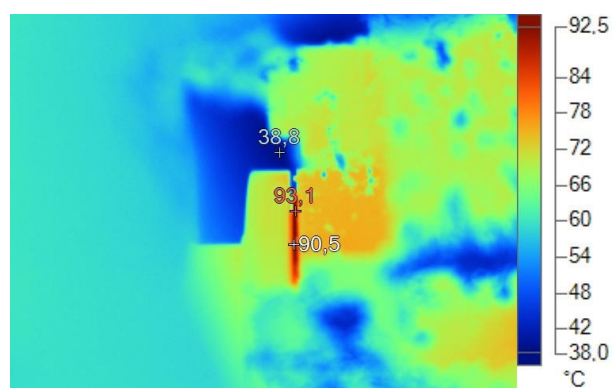
4.5.2. Čerpadlo 10 KB

Tabulka 41 Výsledky 6.3.2020

Čpavková voda			10 KB			
2,2 Kw			1420 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,547	2,06	1,63	1,46
		H	0,843	1,33	2,44	1,43
		A	0,895	1,7	2,46	2,26
	Zrychlení [g]	V	0,097	0,088	0,226	0,06
		H	0,181	0,207	0,376	0,303
		A	0,034	0,097	0,039	0,072
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			VYHOVUJÍCÍ			



Obrázek 118 Elektromotor 10 KB [autor]



Obrázek 117 Ucpávka 10 KB [autor]

Elektromotor byl vyroben ve firmě SIEMENS. Všechny hodnoty z měření jsou v PÁSMU A. Termografické snímky neukazují žádné problémy způsobené zvýšenou teplotou. Tím pádem lze stav prohlásit za **VYHOVUJÍCÍ**.

4.6. Stanice čerpání roztoku STRETFORD



Obrázek 119 Zásobní silo STRETFORDU [autor]

Stanice slouží k přečerpávání provozního roztoku STRETFORD. Čerpadlové soustavy mají nevýhodu v tom, že se nacházejí ve venkovních prostorech pod plechovým přístřeškem. Proto je jejich stav velmi zanedbaný, jelikož na ně působí vlhkost a samotné čerpané médium, která zároveň pomáhá chladit čerpadlovou ucpávku.

4.6.1. Čerpadlo 101 A

Tabulka 42 Výsledky 15.3.2019

Roztok STRETFORD			101 A			
110 kW			1450 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
15.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,833	1,2	5,07	3,54
		H	1,71	1,7	5,63	2,52
		A	1,44	3,37	4,17	4,24
	Zrychlení [g]	V	0,522	1,93	1,9	1,83
		H	0,759	1,03	1,92	0,803
		A	0,312	1,85	1,66	1,75
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			

Tabulka 43 Výsledky 6.12.2019

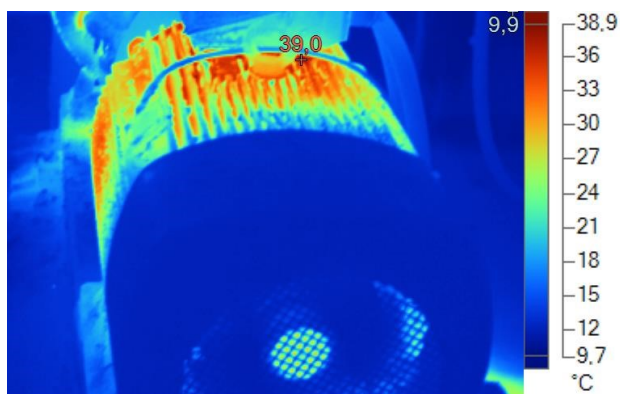
Roztok STRETFORD			101 A			
110 kW			1450 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	2,37	4,49	6,41	3,95
		H	4,03	3,54	10,2	4,22
		A	2,85	4,48	6,45	4,67
	Zrychlení [g]	V	0,609	1,71	6,36	7,79
		H	0,6	1,39	3,47	6,38
		A	0,503	1,65	7,53	5,1
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			NEPŘIJATELNÝ			

Tabulka 44 Výsledky-měření po domazání 6.12.2019

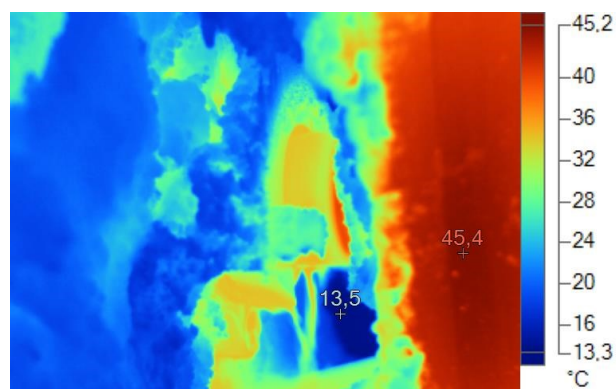
Provedeno domazání (na místě). Kontrola míst L3 a L4.					
		Měřicí místa			
		L1	L2	L3	L4
Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V			7,25	4,53
	H			9,02	3,93
	A			5,69	4,47
Zrychlení [g]	V			3,2	1,58
	H			6,29	4,17
	A			5	5,63

Tabulka 45 Výsledky 6.3.2020

Roztok STRETFORD			101 A			
110 kW			1450 ot/min			
Datum			Měřicí místa			
			L1	L2	L3	L4
6.3.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V	0,362	0,872	4,53	2,74
		H	0,865	1,15	4,84	2,27
		A	0,732	1,06	2,91	2,82
	Zrychlení [g]	V	0,647	0,416	1,98	0,761
		H	0,562	0,73	2,52	1,69
		A	0,034	1,24	1,09	0,354
V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
STAV			ZHORŠENÝ			



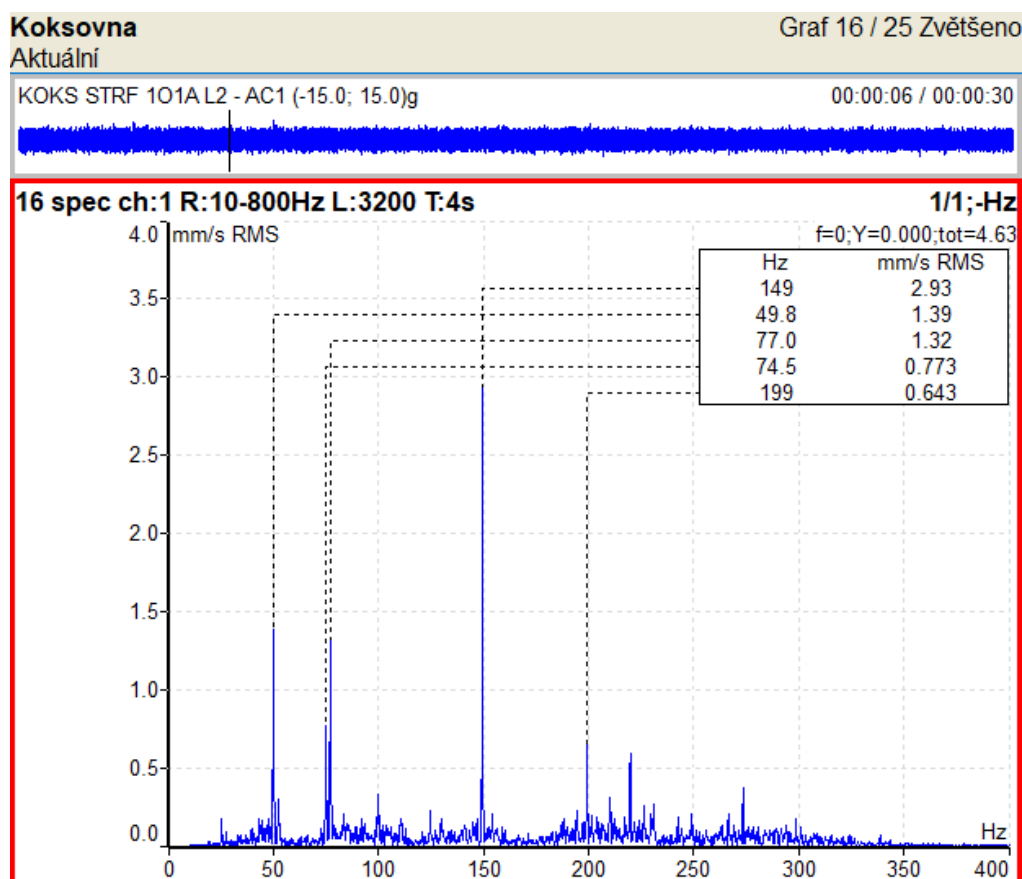
Obrázek 121 Elektromotor 101 A [autor]



Obrázek 120 Ucpávka 101 A [autor]



Obrázek 123 Čerpadlová soustava 101 A [autor]



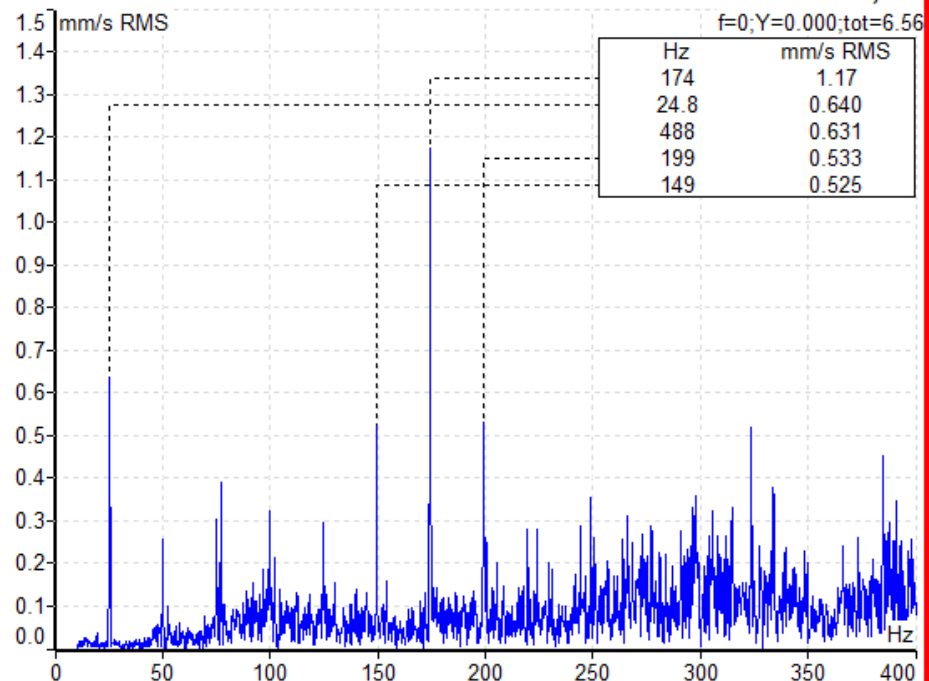
Obrázek 122 101A L2 V, 6.12.2019 [autor]

KOKS STRF 101A L3 PO DOMAZ - AC1 (-50.0; 50.0)g

00:00:06 / 00:00:30

16 spec ch:1 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



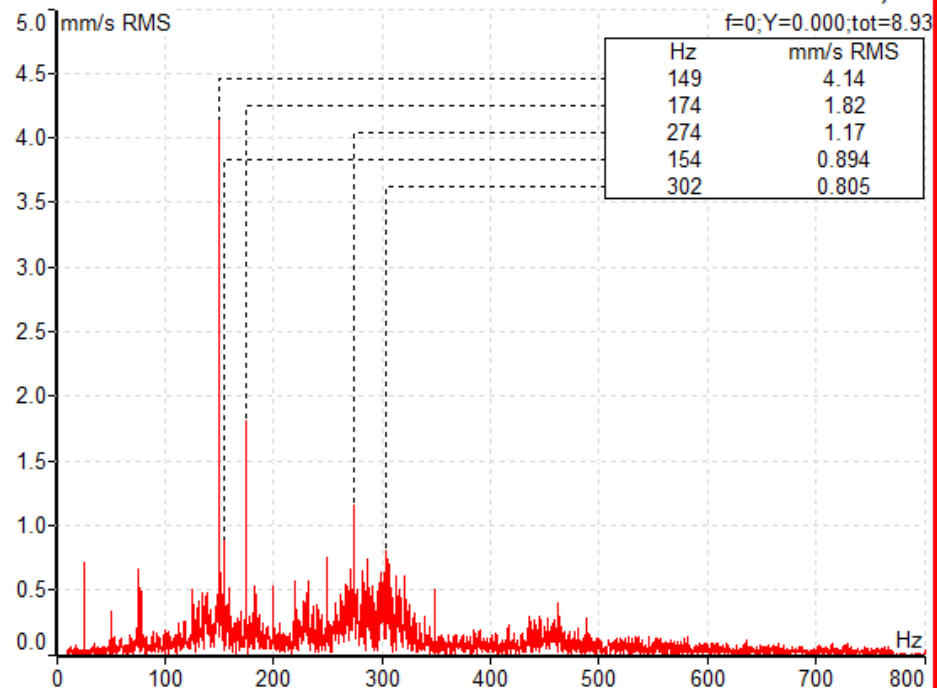
Obrázek 124 101A L3 V-po domazání, 6.12.2019 [autor]

KOKS STRF 101A L3 PO DOMAZ - AC1 (-50.0; 50.0)g

00:00:06 / 00:00:30

19 spec ch:2 R:10-800Hz L:3200 T:4s

1/1;-Hz



Obrázek 125 101A L3 H-po domazání, 6.12.2019 [autor]

KOKS STRF 101A L4 PO DOMAZ - AC1 (-15.0; 15.0)g

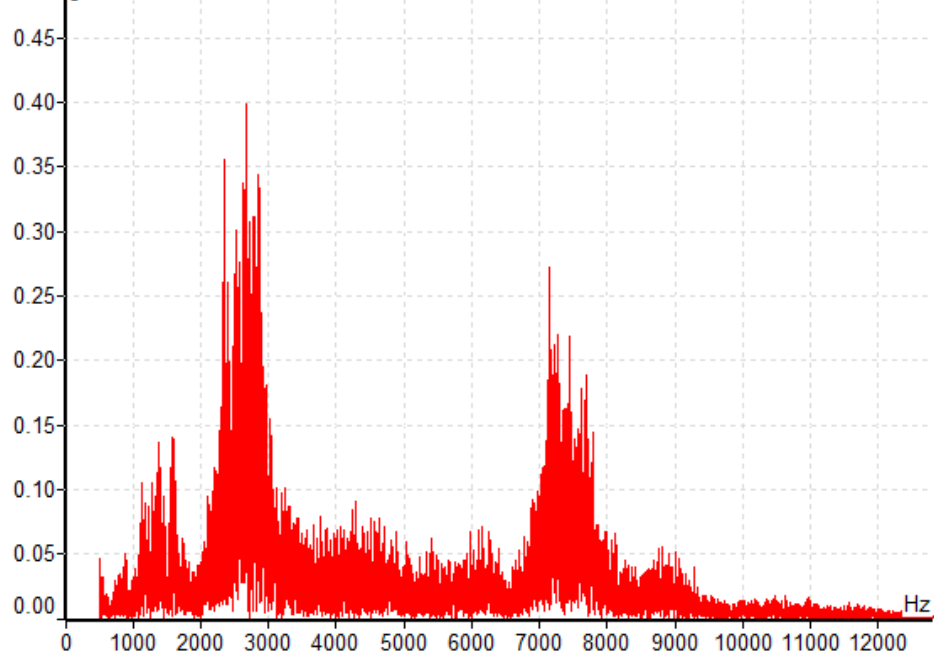
00:00:12 / 00:00:30

23 spec ch:2 R:500-25600Hz L:25600 T:1s

1/1;-Hz

0.50 g RMS

f=0;Y=0.000;tot=4.18



Obrázek 127 101A L4 H zrychlení v.-po domazání, 6.12.2019 [autor]

KOKS STRF 101A L3 PO DOMAZ - AC1 (-50.0; 50.0)g

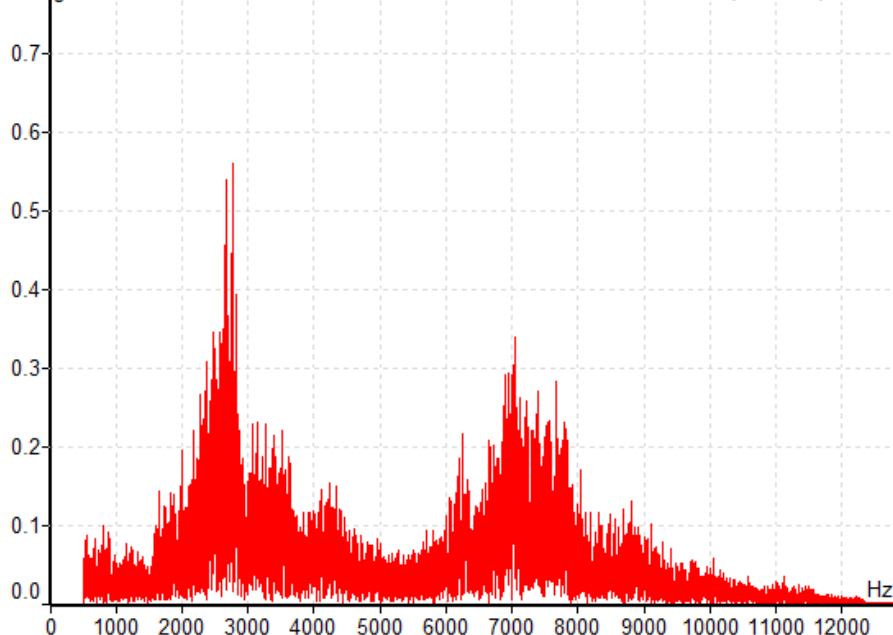
00:00:06 / 00:00:30

23 spec ch:2 R:500-25600Hz L:25600 T:1s

1/1;-Hz

0.8 g RMS

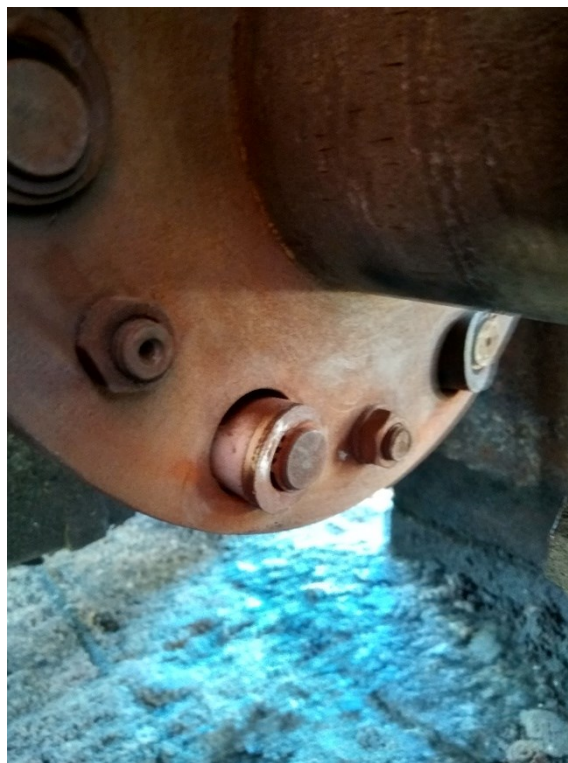
f=0;Y=0.000;tot=6.39



Obrázek 126 101A L3 H zrychlení v.-po domauání 6.12.2019 [autor]



*Obrázek 129 Pohled na spojku 1. 101A
[autor]*



*Obrázek 130 Pohled na spojku 2. 101A
[autor]*

101A L3

Jak jde vidět ze série naměřených vibrací, tak tato čerpadlová soustava je ve velmi zanedbaném stavu. Nejhorší hodnoty vidíme na měření ze 6.12. 2019. Zde bylo provedeno i kontrolní opětovné měření po domazání strojního zařízení. Hlavní problémem však zůstává spojka v katastrofální stavu, kdy kolem čepů steřelo gumové těsnění a čepy se nyní pohybují v dírách s vůlí. Po posledním měření 6.3. 2020 se hodnoty zlepšily, a to z důvodu, že do soustavy bylo zařazeno novější čerpadlo a zlepšila se údržba čerpadlové soustavy. Z termografických snímků není patrné, že by problémy plynuly z teplotních aspektů. Proto je stav tohoto zařízení po posledním měření pouze **ZHORŠENÝ**.

4.7. Odstředivé zařízení

Posledním měřeným zařízením byla odstředivka, která slouží k odsíření sirného koncentráту. Jedná se o zařízení umístěné ve věžové stavbě.



*Obrázek 134 Pohled na odstředivku
[autor]*



*Obrázek 133 Pohled 2 na odstředivku
[autor]*



*Obrázek 132 Celkový pohled na
odstředivku [autor]*



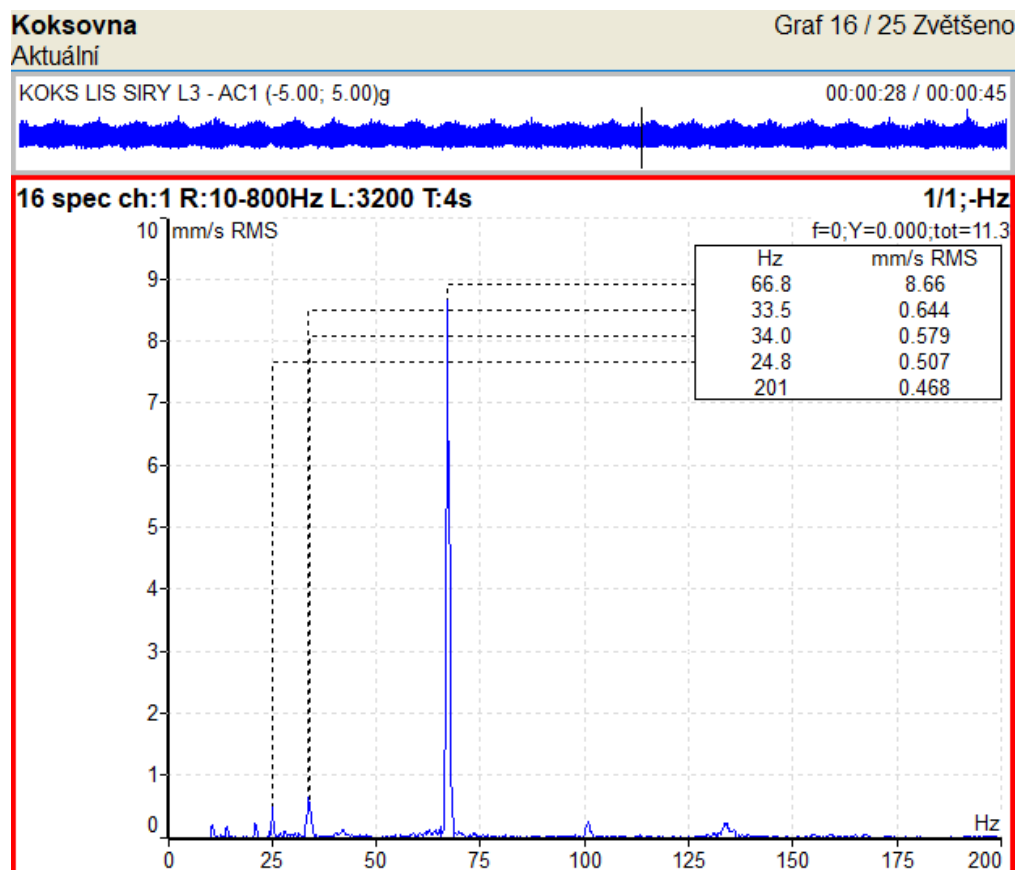
*Obrázek 131 Měření na odstředivce
[autor]*

Tabulka 46 Výsledky 6.12.2019

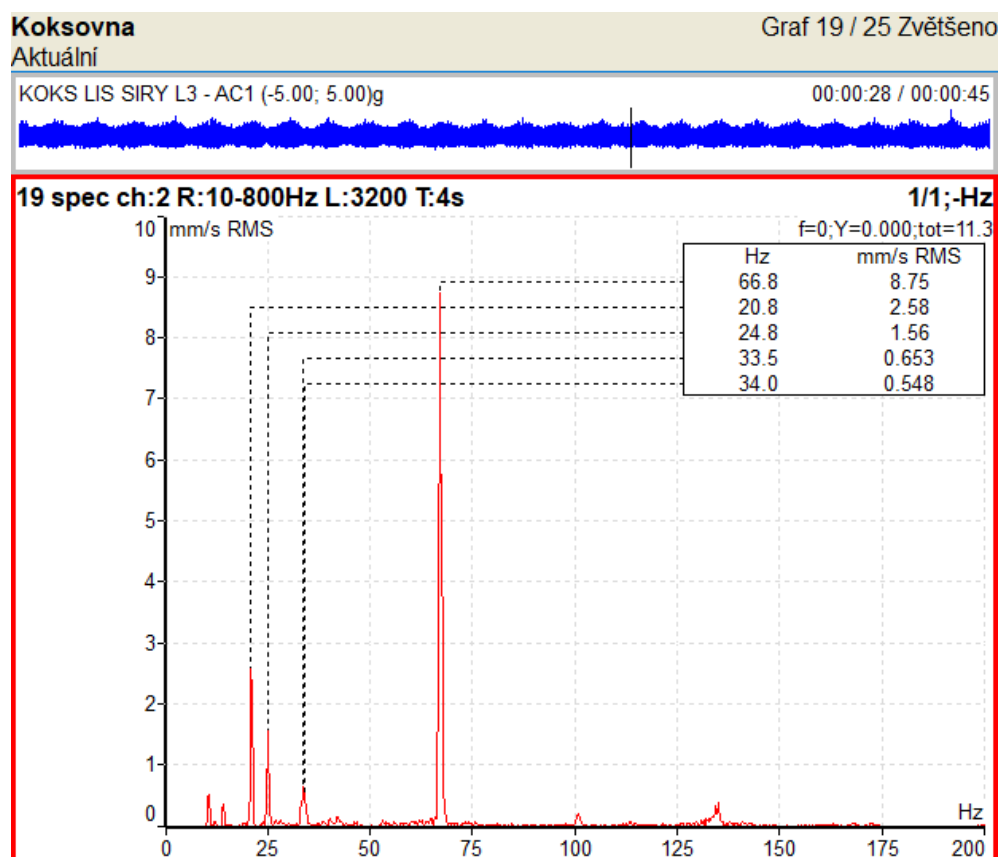
Odsíření - sirný koncentrát			Odstředivka				
1,2 kg/dm ³			4000 ot/min				
Datum			Měřicí místa				
			L1	L2	L3	L4	
6.12.	Rychlost vibrací [mm·s ⁻¹]	V			14,9	9,82	
		H			12,9	5,94	
		A			8,35	4,35	
	Zrychlení [g]	V			0,381	0,561	
		H			3,78	0,904	
		A			0,564	0,471	
	V - vertikální, H - horizontální, A - Axiální						
	STAV			NEPŘIJATELNÝ			



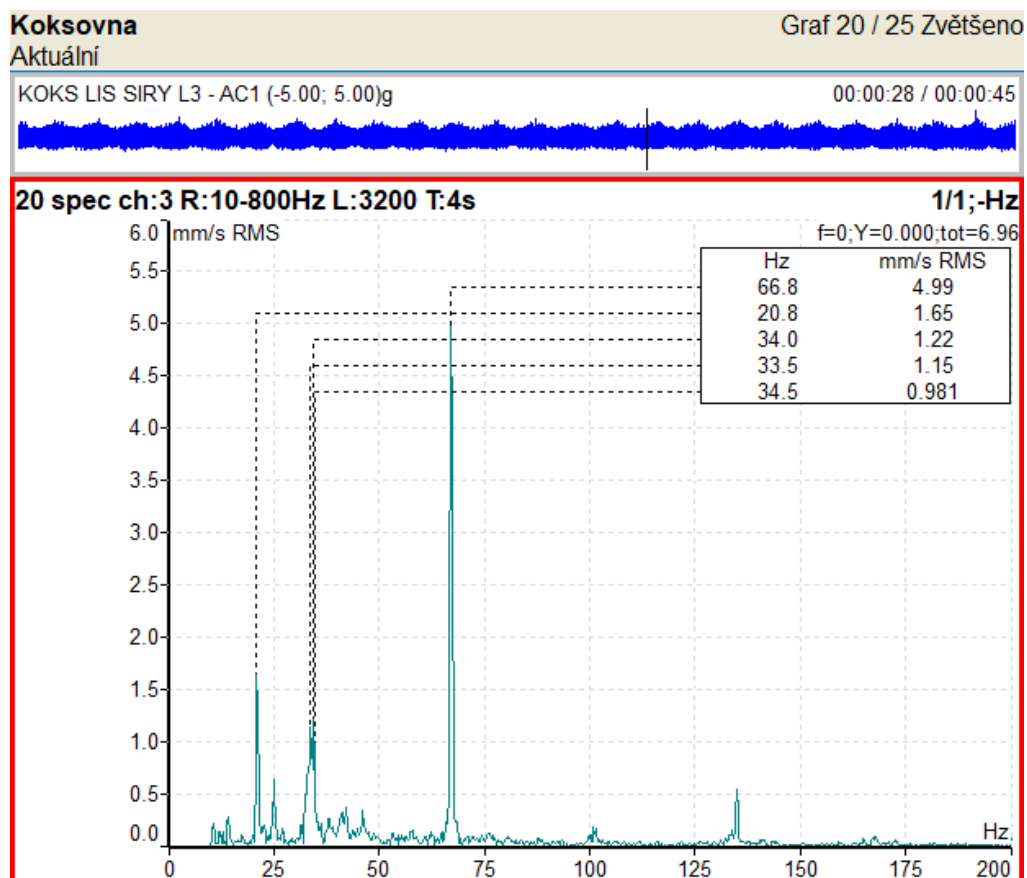
Obrázek 135 Hodnoty na displeji ve strojně [autor]



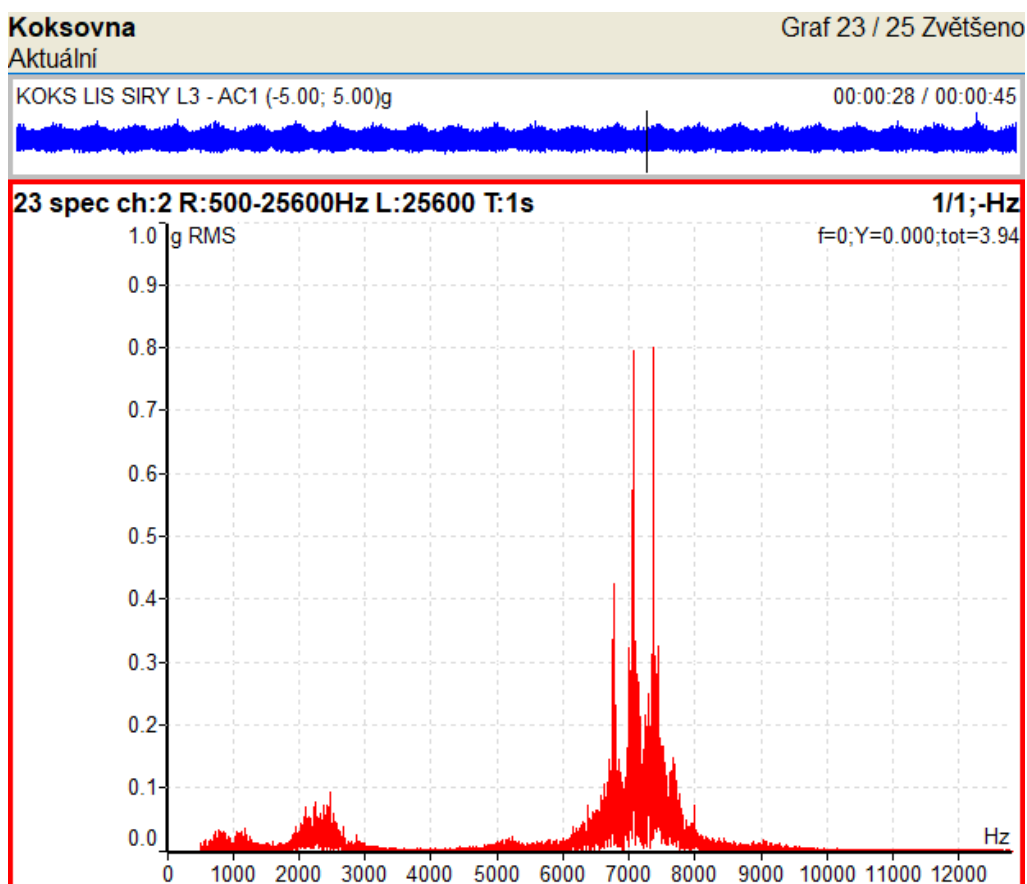
Obrázek 137 Odstředivka L3 V 6.12.2019 [autor]



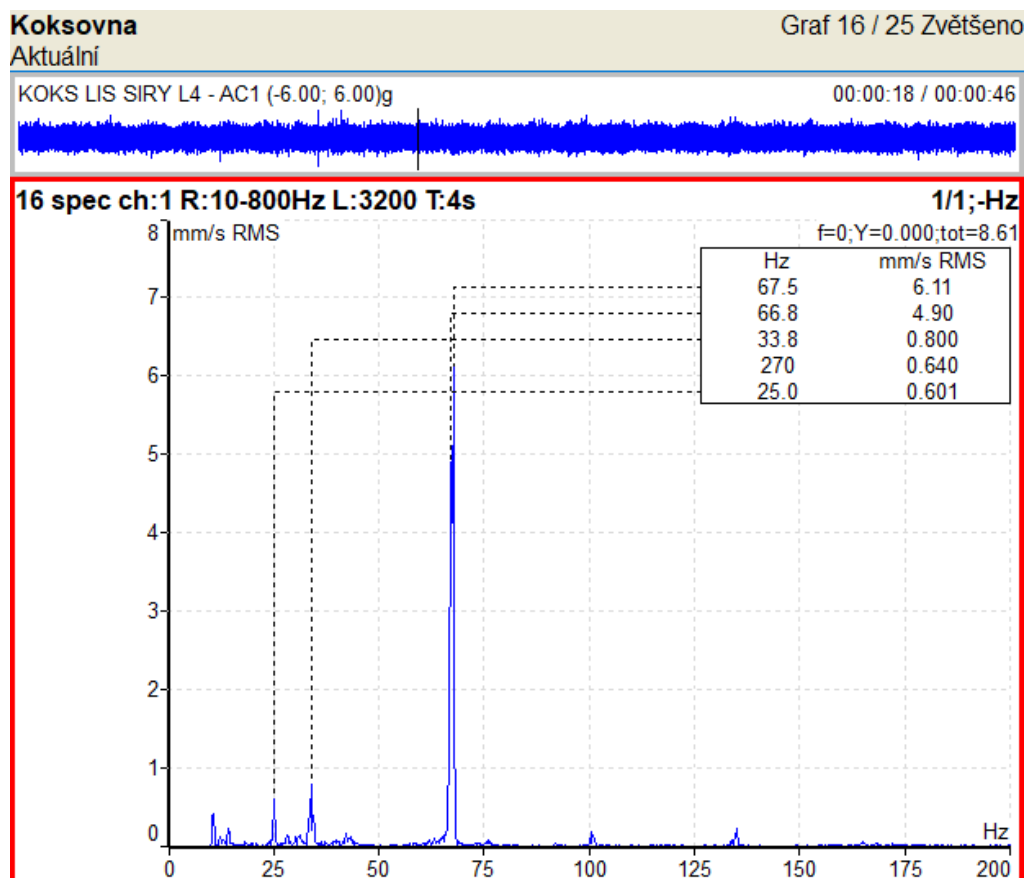
Obrázek 136 Odstředivka L3 H 6.12.2019 [autor]



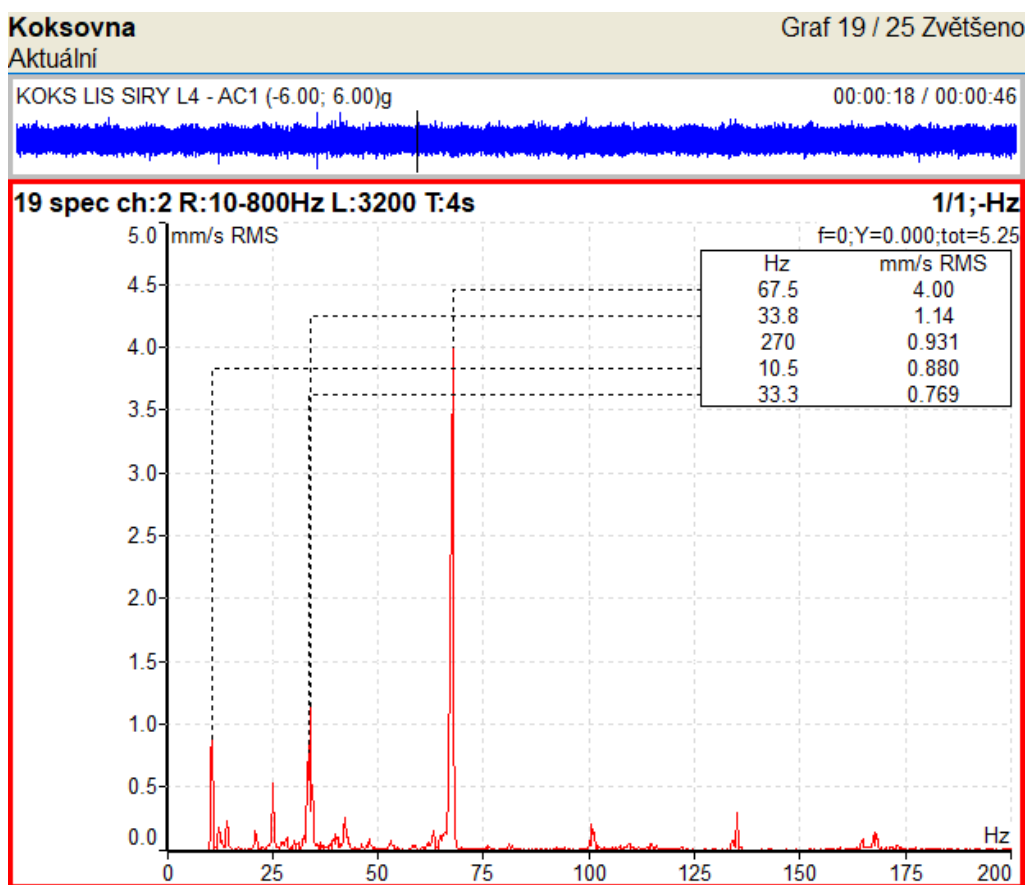
Obrázek 139 Odstředivka L3 A 6.12.2019 [autor]



Obrázek 138 Odstředivka L3 H 6.12.2019 [autor]



Obrázek 141 Odstředivka L4 V 6.12.2019 [autor]



Obrázek 140 Odstředivka L4 H 6.12.2019 [autor]

Jak lze vidět z naměřených hodnot, tak se pohybují v kritických PÁSMECH C a D. Hlavním problémem u tohoto zařízení bude nevývaha. Hlavním problémem u této odstředivky je to, že na odstředivý šnek se velmi často nalepí mazlavý sirný koncentrát a zatuhne. Proto je důležité velmi často používat vodního proplachu, aby se hrudky koncentrátu smyly. Ale ve většině případů to nezabírá a v malém množství na sebe usedají sedimenty, a ty pak vytvářejí tyto nevývažky. Při poslední návštěvě OKK Koksovný byla již připravena nová odstředivka na výměnu. Stav zařízení je **NEPŘIJATELNÝ**.



Obrázek 142 Nová část odstředivky na skladě [autor]

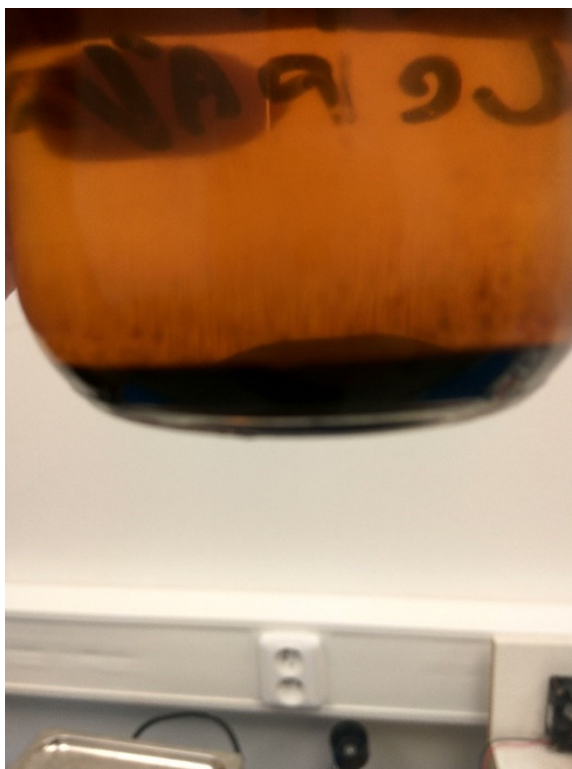
4.8. Rozbor oleje z ucpávky 9B (Benzolová stanice)

Poslední částí praktického měření bylo zkoumání oleje, který byl odebrán 6.12. 2019 z prostoru ucpávky čerpadla 9B, to se nachází na Benzolové stanici. Ten byl následně podroben zkoumání v přístroji FTIR, který je popsán v předchozí kapitole.

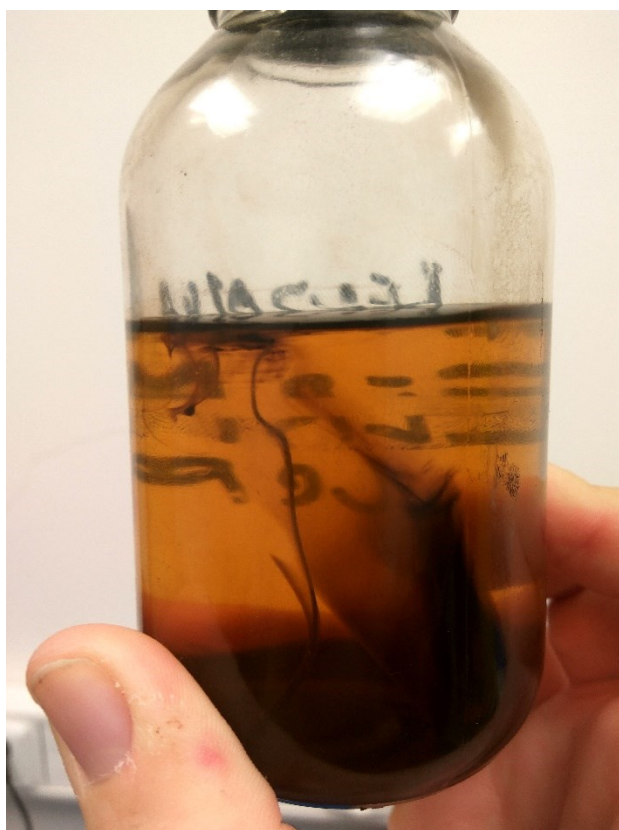


Obrázek 143 Porovnání: nový/použitý [autor]

Jak lze vidět na obrátku 147, tak zde máme porovnání vizuálního stavu oleje před použitím a po následném odebrání z prostoru ucpávky. Typ oleje je medicínální bílý olej FINAVESTAN A 80B od firmy Total. Jasně vidíme na odebraném vzorku oleje, že olej je silně zakalen. Jak lze vidět na spodních obrázcích, tak po odstátí v laboratoři se na dně vzorkovnice usadil kal. Při následných mírných nahnutích a lehkých otočeních s vzorkovnicí můžeme pozorovat, že kaly vytvářejí vlásčenicové útvary, jedná se tedy o tuhé kaly. Z tohoto důvodu bylo v kapitole 2. navrženo z důvodů přítomností kalů, aby do oběhu mazání byl umístěn kalový filtr, který se zde nenacházel. Tyto kaly znehodnocovaly mazivo a jeho schopnosti mazání a chlazení.



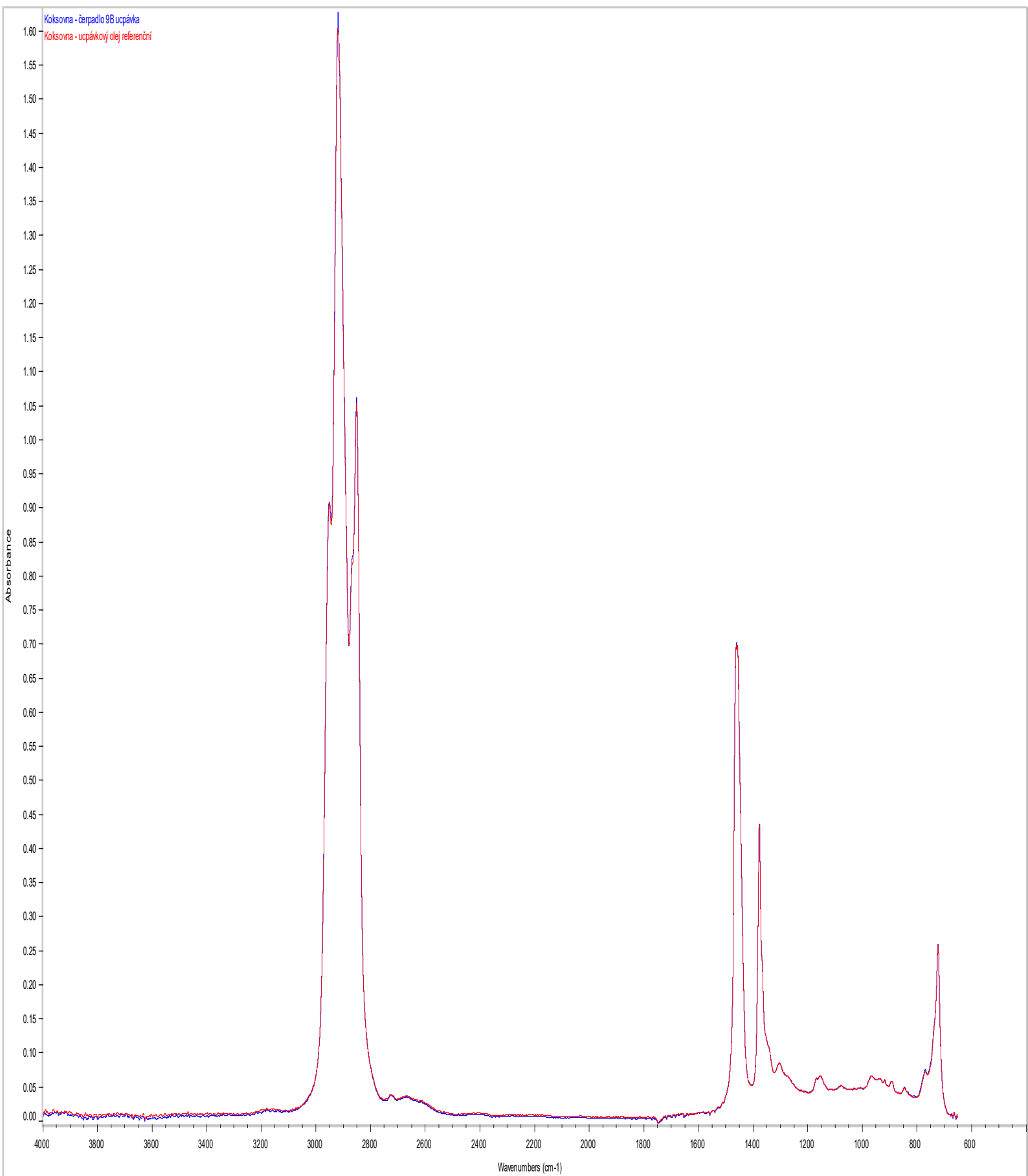
*Obrázek 146 Sediment ve vzorku oleje
[autor]*



Obrázek 145 Hrubé kaly v oleji 1. [autor]



Obrázek 144 Hrubé kaly v oleji 2. [autor]



Obrázek 147 FTIR spektrum

ZÁVĚR

Při tvoření teoretické části jsem se snažil okolí seznámit s výrobou chemikálií v prostorů koksárenských závodů. Jelikož se z těchto látek vyrábí velká škála věcí, je nutné uvést, že většina těchto látek pochází právě z těchto průmyslových odvětví. Celkově bylo uveden 8 chemický látek a sloučenin, které všechny mají svůj hlavní původ v plynu zbylém po koksování. Je nutno společnost seznámit s tím, že tyto látky jsou velmi toxické a nebezpečné. Ohrožují nejen samotné zaměstnance v koksovnách, ale i životní prostředí a lidi v okolí těchto průmyslových závodů.

V následné části praktické bylo uvedeno, dle jakých norem se posuzují měřená zařízení a jakými přístroji byly měřeny. V prostorách ostravské koksovny Svoboda, která spadá pod společnost OKK Koksovny, byly opětovně provedeny celkem tři měření: 15.3.2019, 6.12.2019 a 6.3.2020. Bylo měřeno na předčišťovací stanici, stanicích absorpce benzenu (malá a velká strojovna), benzolové stanici, stanici absorpce čpavkové vody, stanice roztoku STRETFORD. Celkem měření podstoupilo **20 čerpadlových soustav a 1 zařízení na odstřed'ování (odstředivka)**. Z těchto **21** zařízení, **14** bylo shledáno ve stavu **VYHOVUJÍCÍM**, **5** ve stavu **ZHORŠENÉM** (19B, 7A, 7C, 9B a 101A) a **2** ve stavu **NEPŘÍJATELNÉM** (6B a odstředivka). Na tyto zařízení bylo využito vibrodiagnostického měření a termodiagnostického měření. Na problémových čerpadlech byly zjištěny problémy od mechanického uvolnění až po problémy elektrikářského typu.

V této práci bylo také použito tribodiagnostických metod. Z čerpadlové ucpávky na soustavě 9B byl odebrán vzorek oleje. Bylo zjištěno jeho velké znečištění kaly. Z těchto podnětů byly navrženy různé druhy úprav v mazacím systému, které povedou k čistotě a plnění vlastností oleje. Dále mohou napomoci lepší práci údržby.

Závěrem je důležité, že pro mé osobní zkušenosti měla práce na diplomové práci velký úspěch. Podíval jsem se do složitého provozu koksovny, a i díky zhoršeným stavům některých čerpadlových soustav se tak naučil rozeznávat různé druhy poškození. Bakalářská práce a na ní teď navazující diplomová práce pro mě měli velký přínos.

PODĚKOVÁNÍ

Prostřednictvím tohoto poděkování bych chtěl poděkovat podniku koksovna Svoboda a společnosti OKK Koksovny za to, že umožnila měření ve svých prostorech a za jejich vstřícný přístup. Pochopitelně velké dík patří vedoucímu diplomové práce Ing. Davidu Šeděnkovi za jeho rady, přístup, ochotu a trpělivost. A dodatečně bych chtěl ještě poděkovat panu Jiřímu Štekrovi, zaměstnanci OKK Koksovny, který nás provázel provozem a byl vstřícný a ochotný při objasňování prvků v koksárenské výrobě.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Strojovna-propírací stanice OKK Koksovny [Autor].....	13
Obrázek 2 Vzorec benzenu-schéma [18]	13
Obrázek 3 Vagóny naložené benzenem v prostorách OKK Koksovny Ostrava [autor].....	15
Obrázek 4 Vzorec fenolu-schéma [19]	16
Obrázek 5 Fenol ve své krystalické bázi [20]	17
Obrázek 6 Ilustrace znázorňující událost 2. listopadu 1942 [21].....	18
Obrázek 7 Chemický vzorec naftalenu-schéma [22]	19
Obrázek 8 Chemický vzorec amoniaku-schéma [23]	21
Obrázek 9 Čpavková voda-technický slabší roztok [24]	22
Obrázek 10 Pískové filtry OKK Koksovny [autor]	23
Obrázek 11 Dehet [25]	24
Obrázek 12 Koráb-OKK Koksovny [autor].....	25
Obrázek 13 Pohled pod víko korábu-OKK Koksovny [autor]	26
Obrázek 14 Víko korábu-OKK Koksovny [autor].....	26
Obrázek 15 Víko korábu-OKK Koksovny [autor].....	26
Obrázek 16 Pohled 2 na pohon korábu-OKK Koksovny [autor].....	27
Obrázek 17 Pohled 1 na pohon korábu-OKK Koksovny [autor].....	27
Obrázek 18 Hrubý odpad z dehtu-OKK Koksovny [autor]	28
Obrázek 19 Odvzdušňovací komínek-OKK Koksovny [autor].....	28
Obrázek 20 Příklad zařízení-autokláv [26]	31
Obrázek 21 Odstředivková věž-OKK Koksovny [autor].....	32
Obrázek 22 Zásobníková věž STRETFORDU-OKK Koksovny [autor].....	32
Obrázek 23 Promíchávací zařízení 2-OKK Koksovny [autor]	33
Obrázek 24 Promíchávací zařízení 1-OKK Koksovny [autor]	33
Obrázek 25 Spodní část odstředivky-OKK Koksovny [autor]	33
Obrázek 26 Odstředivka a její pohon-OKK Koksovny [autor]	33
Obrázek 27 Přídavek vanadové složky [autor]	35
Obrázek 28 Vodný roztok 2,7-disulfoantrachinonu [autor].....	35
Obrázek 29 Kyselina citrónová [autor]	36
Obrázek 30 Chemický vzorec toluenu-schéma [27]	37

Obrázek 31 Schémata derivátů benzenu [28]	38
Obrázek 32 Schéma chemické výroby v koksárenském provozu [29]	40
Obrázek 33 Technický nákres od výrobce [30]	42
Obrázek 34 Znázornění funkce na termosifonu (Benzolová stanice, 9B, OKK Koksovny) [autor].....	43
Obrázek 35 Znázornění chladicího systému (Velká strojovna, 19B, OKK koksovny) [autor]	44
Obrázek 36 Stlačený dusík, OKK Koksovny [autor].....	45
Obrázek 37 Chlazení říční vodou na benzolové stanici OKK Koksovny [autor]	45
Obrázek 38 Vlastní ruční nákres vylepšení mazací oblasti [autor].....	48
Obrázek 39 Pohled na zkumavku čistého vzorku oleje [autor]	50
Obrázek 40 Naražený sud ve skladu OKK Koksovny [autor]	50
Obrázek 41 Neotevřený sud ve skladu OKK Koksovny [autor].....	50
Obrázek 42 Vibrační analyzátor ADASH VA4PRO [31]	51
Obrázek 43 Termokamera FLUKE TI35 [autor]	52
Obrázek 44 Termokamera FLUKE TI35 [autor]	52
Obrázek 45 Zařízení FTIR [autor]	53
Obrázek 46 Měřicí místa, směry a části čerpadlové sestavy OKK Koksovny [autor].....	56
Obrázek 47 Předčišťovací stanice [autor]	59
Obrázek 48 Obrazovka s vizualizací na předčišťovací stanici [autor]	59
Obrázek 49 Ucpávka 41 B [autor]	61
Obrázek 50 Elektromotor 41 B [autor]	61
Obrázek 51 Elektromotor 48 B [autor]	62
Obrázek 52 Ucpávka 48 B [autor]	62
Obrázek 53 Ucpávka 49 A [autor]	64
Obrázek 54 Elektromotor 49 A [autor]	64
Obrázek 55 Elektromotor 49 B [autor]	65
Obrázek 56 Ucpávka 49 B [autor]	65
Obrázek 57 Elektromotor 50 A [autor]	67
Obrázek 58 Ucpávka 50 A [autor]	67
Obrázek 59 Malá strojovna [autor]	68
Obrázek 60 Venkovní pohled na malou strojovnu [autor].....	68

Obrázek 61 Elektromotor 24 B [autor]	70
Obrázek 62 Ucpávka 24 B [autor]	70
Obrázek 63 Vizualní detail na měрку [autor].....	71
Obrázek 64 Pohled termosifon 24 B [autor]	71
Obrázek 65 Velká strojovna, pohled 1 [autor]	72
Obrázek 66 Velká strojovna, pohled 2 [autor]	72
Obrázek 67 Elektromotor 6 B [autor]	74
Obrázek 68 Ucpávka 6 B [autor]	74
Obrázek 69 Čerpadlová soustava 6 B [autor]	75
Obrázek 70 Pokusy o ustavení elektromotoru 6 B L1 [autor]	75
Obrázek 71 Pokusy o ustavení elektromotoru 6 B L2 [autor]	75
Obrázek 72 6B L1 H - ZOOM 6.3.2020 [autor]	76
Obrázek 73 6B L1 H 6.3.2020 [autor]	76
Obrázek 74 6B L1 V - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor].....	77
Obrázek 75 6B L3 H 6.3.2020 [autor]	77
Obrázek 76 6B L1 A - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor].....	78
Obrázek 77 6B L1 H - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor].....	78
Obrázek 78 6B L2 H - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor].....	79
Obrázek 79 6B L2 V - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor].....	79
Obrázek 80 6B L2 H ZOOM - OPAKOVANÉ MĚŘENÍ 6.3.2020 [autor].....	80
Obrázek 81 Ucpávka 7 A [autor]	81
Obrázek 82 Elektromotor 7 A [autor]	81
Obrázek 83 Ucpávka 7 B [autor]	83
Obrázek 84 Elektromotor 7 B [autor]	83
Obrázek 85 Elektromotor 8 B [autor]	85
Obrázek 86 Ucpávka 8 B [autor]	85
Obrázek 87 Ucpávka 19 A [autor]	86
Obrázek 88 Elektromotor 19 A [autor]	86
Obrázek 89 Ucpávka 19 B 6.12.2019	88
Obrázek 90 Ucpávka 19 B [autor]	88
Obrázek 91 Elektromotor 19 B [autor]	88
Obrázek 92 Uvolnění a následně dotažený šroub [autor]	89

Obrázek 93 Ruční zjišťování vibrací [autor]	89
Obrázek 94 Čerpadlová soustava 19 B [autor]	89
Obrázek 95 Vnitřek benzolové stanice [autor]	91
Obrázek 96 Venkovní pohled na benzolovou stanici [autor].....	91
Obrázek 97 Ucpávka 6 B [autor]	93
Obrázek 98 Elektromotor 6 B [autor]	93
Obrázek 99 7A L3 H [autor]	94
Obrázek 100 Ucpávka 7 A [autor]	95
Obrázek 101 Elektromotor 7 A [autor]	95
Obrázek 102 7A L3 A [autor]	95
Obrázek 103 7C L2 A [autor]	97
Obrázek 104 Čerpadlová soustava 7C [autor]	97
Obrázek 105 Ucpávka 7 C [autor]	98
Obrázek 106 Elektromotor 7 C [autor]	98
Obrázek 107 7C L2 A - HARMONICKÝ KURZOR [autor]	98
Obrázek 108 Elektromotor 9 A [autor]	99
Obrázek 109 Ucpávka 9 A [autor]	99
Obrázek 110 9B L1 H, 6.3.2020 [autor]	101
Obrázek 111 9B L1 H, 6.12.2019 [autor]	101
Obrázek 112 Ucpávka 9 B [autor]	102
Obrázek 113 Elektromotor 9 B [autor]	102
Obrázek 114 Stanice absorpce čpavkové vody [autor]	103
Obrázek 115 Elektromotor 09 a [autor]	104
Obrázek 116 Ucpávka 09 a [autor]	104
Obrázek 117 Ucpávka 10 KB [autor]	105
Obrázek 118 Elektromotor 10 KB [autor]	105
Obrázek 119 Zásobní silo STRETFORDU [autor]	106
Obrázek 120 Ucpávka 101 A [autor]	108
Obrázek 121 Elektromotor 101 A [autor]	108
Obrázek 122 101A L2 V, 6.12.2019 [autor]	109
Obrázek 123 Čerpadlová soustava 101 A [autor]	109
Obrázek 124 101A L3 V-po domazání, 6.12.2019 [autor]	110

Obrázek 125 101A L3 H-po domazání, 6.12.2019 [autor]	110
Obrázek 126 101A L3 H zrychlení v.-po domauání 6.12.2019 [autor]	111
Obrázek 127 101A L4 H zrychlení v.-po domazání, 6.12.2019 [autor]	111
Obrázek 128 101A L3 H, 6.3.2020 [autor]	112
Obrázek 129 Pohled na spojku 1. 101A [autor]	112
Obrázek 130 Pohled na spojku 2. 101A [autor]	112
Obrázek 131 Měření na odstředivce [autor]	113
Obrázek 132 Celkový pohled na odstředivku [autor]	113
Obrázek 133 Pohled 2 na odstředivku [autor]	113
Obrázek 134 Pohled na odstředivku [autor]	113
Obrázek 135 Hodnoty na displeji ve strojovně [autor]	114
Obrázek 136 Odstředivka L3 H 6.12.2019 [autor]	115
Obrázek 137 Odstředivka L3 V 6.12.2019 [autor]	115
Obrázek 138 Odstředivka L3 H 6.12.2019 [autor]	116
Obrázek 139 Odstředivka L3 A 6.12.2019 [autor]	116
Obrázek 140 Odstředivka L4 H 6.12.2019 [autor]	117
Obrázek 141 Odstředivka L4 V 6.12.2019 [autor]	117
Obrázek 142 Nová část odstředivky na skladě [autor]	118
Obrázek 143 Porovnání: nový/použitý [autor]	119
Obrázek 144 Hrubé kaly v oleji 2. [autor]	120
Obrázek 145 Hrubé kaly v oleji 1. [autor]	120
Obrázek 146 Sediment ve vzorku oleje [autor]	120
Obrázek 147 FTIR spektrum.....	121

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnoty chladicího zařízení [13].....	46
Tabulka 2 Doporučené hodnoty efektivní rychlosti vibrací dle ČSN ISO 10 816-3 v pásmu 10-1000 Hz [17].....	54
Tabulka 3 Doporučené hodnoty efektivního zrychlení vibrací v pásmu 500-25000 Hz (doporučeno vedoucím práce)	54
Tabulka 4 Označení stavů	55
Tabulka 5 Celkový přehled výsledků měření.	58
Tabulka 6 Výsledky 6.12.2019	60
Tabulka 7 Výsledky 6.3.2020	60
Tabulka 8 Výsledky 15.3.2019	62
Tabulka 9 Výsledky 6.12.2019	63
Tabulka 10 Výsledky 6.3.2020	63
Tabulka 11 Výsledky 15.3.2019	65
Tabulka 12 Výsledky 15.3.2019	66
Tabulka 13 Výsledky 6.12.2019	66
Tabulka 14 Výsledky 6.3.2020	67
Tabulka 15 Výsledky 15.3.2019	69
Tabulka 16 Výsledky 6.12.2019	69
Tabulka 17 Výsledky 6.3.2020	70
Tabulka 18 Výsledky 15.3.2019	73
Tabulka 19 Výsledky 6.12.2019	73
Tabulka 20 Výsledky 6.3.2020	74
Tabulka 21 Kontrolní měření-výsledky 6.3.2020	74
Tabulka 22 Výsledky 15.3.2019	81
Tabulka 23 Výsledky 6.12.2019	82
Tabulka 24 Výsledky 6.3.2020	82
Tabulka 25 Výsledky 15.3.2019	84
Tabulka 26 Výsledky 6.12.2019	84
Tabulka 27 Výsledky 6.3.2020	85
Tabulka 28 Výsledky 15.3.2019	86

Tabulka 29 Výsledky 6.12.2019	87
Tabulka 30 Výsledky 6.3.2020	88
Tabulka 31 Výsledky 15.3.2019	92
Tabulka 32 Výsledky 6.12.2019	92
Tabulka 33 Výsledky 6.3.2020	93
Tabulka 34 Výsledky 15.3.2019	94
Tabulka 35 Výsledky 6.12.2019	96
Tabulka 36 Výsledky 6.3.2020	96
Tabulka 37 Výsledky 15.3.2019	99
Tabulka 38 Výsledky 6.12.2019	100
Tabulka 39 Výsledky 6.3.2020	100
Tabulka 40 Výsledky 15.3.2019	104
Tabulka 41 Výsledky 6.3.2020	105
Tabulka 42 Výsledky 15.3.2019	107
Tabulka 43 Výsledky 6.12.2019	107
Tabulka 44 Výsledky-měření po domazání 6.12.2019	108
Tabulka 45 Výsledky 6.3.2020	108
Tabulka 46 Výsledky 6.12.2019	114

ZDROJE

- [1] Benzol – Wikipedie. [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Benzol>
- [2] *irz.cenia.cz* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: <https://www.irz.cz/irz/repository/latky/benzen.pdf>
- [3] Fenol | Referáty. *Referáty* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: <http://www.referaty22.8u.cz/chemie/fenol/>
- [4] naftalen - Arnika. *Hlavní stránka - Arnika* [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://arnika.org/naftalen>
- [5] amoniak (čpavek) - Arnika. *Hlavní stránka - Arnika* [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://arnika.org/amoniak-cpavek>
- [6] [online] [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: <http://podzesolvayovylomy.cz/prirucka/zprac/koksozny/koks.htm>
- [7] Dehet – Wikipedie. [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dehet>
- [8] [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: https://cs.qwe.wiki/wiki/Coal_tar
- [9] [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: https://cs.qwe.wiki/wiki/Stretford_process
- [10] *DSpace VŠB-TUO* [online]. Copyright © [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/114572/SED0143_FMMI_B3909_2811R002_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=n
- [11] toluen - Arnika. *Hlavní stránka - Arnika* [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://arnika.org/toluen>
- [12] Xylen – Wikipedie. [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Xylen>
- [13] TS1000 - EN. [online]. Copyright © 2020 EagleBurgmann [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://www.eagleburgmann.com/en/products/seal-supply-systems/thermosiphon-systems/ts1000>
- [14] Bílý mediální olej Total Finavestan A 80B - 20 L | Průmyslové oleje » Oleje a maziva pro farmacii, kosmetiku potravinářství Bílé | MPA. *Shop | MPA* [online]. Copyright © 2020 Insion [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <http://oleje-mpa.cz/bily-medicinalni-olej-total-finavestan-80b-20-l>

- [15] A4400 VA4 Pro II – Nejvýkonnější 4-kanálový analyzátor | Adash. *Master the Language of Your Machinery* | Adash [online]. Copyright © 2020 Adash [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://adash.com/cs/prenosne-merici-systemy/a4400-va4-vibracni-analyzator>
- [16] Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací – Wikipedie. [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Infra%C4%8Derven%C3%A1_spektroskopie_s_Fourierovou_transformac%C3%AD
- [17] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [18] *Abitur-Vorbereitung online* [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://www.abiweb.de/assets/courses/media/image002-18-ca.png>
- [19] [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/structure4/173/mfcd00002143.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00002143-large.png
- [20] [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Phenol_%28carbolic_acid%2904.jpg
- [21] *301 Moved Permanently* [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://shrineodreams.files.wordpress.com/2011/10/auschwitz_phenol.jpg
- [22] *Hlavní stránka - Arnika* [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://arnika.org/media/k2/items/cache/fcade637289b660479a7120e9cf412b6_XL.jpg
- [23] *Hlavní stránka - Arnika* [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://arnika.org/media/k2/items/cache/ad1eef157fdab80d516df40cbc58adfe_M.jpg
- [24] *Parfémy, kosmetika, úklid a domácnost, hobby, zahrada, dárek, akční zboží, novinky - VMD drogerie a parfumerie* [online]. Copyright © [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://www.vmd-drogerie.cz/imgcache/b/1/p66183-cpavkova-voda_285_285_710103.jpg
- [25] [online]. Copyright © [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Corn_Stover_Tar_from_Pyrolysis_by_Microwave_Heating.jpg
- [26] [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/Autoclave%281%29.JPG/320px-Autoclave%281%29.JPG>
- [27] *Hlavní stránka - Arnika* [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: https://arnika.org/media/k2/items/cache/68539e09e9c2f4ce0975080a63c70721_M.jpg 28

[28] File:IUPAC-cyclic.svg - Wikimedia Commons. [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IUPAC-cyclic.svg>

[29] [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/zprac/koksozny/8.jpg>

[30] TS1000 - EN. [online]. Copyright © 2020 EagleBurgmann [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://www.eagleburgmann.com/en/products/seal-supply-systems/thermosiphon-systems/ts1000>

[31] *Master the Language of Your Machinery | Adash* [online]. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z WWW: <https://adash.com/img/mm-images/a4400-va4-pro-ii-vibration-analyzer-w540.png>

[32] HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II. – Vibrodiagnostika*. VŠB-TU, Ostrava 2004, 1. vydání.

[33] BLATA, J. – JURASZEK, J.: *Metody technické diagnostiky teorie a praxe*. VŠB-TU, Ostrava 2013, 1. vydání.